

DISEÑO DE UN MODELO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD
Y COMPETITIVIDAD DE LA LINEA DE COMEDOR HOUSTON EN LA EMPRESA
ARTE & ESTILO BASADO EN LA METODOLOGIA LEAN SEIS SIGMA (6σ)

PEREZ RIQUETT MELISSA MARGARITA
PLATA SILVA LADY JOHANNA



UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC
FACULTAD DE INGENIERIA
BARRANQUILLA
2013

DISEÑO DE UN MODELO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD
Y COMPETITIVIDAD DE LA LINEA DE COMEDOR HOUSTON EN LA EMPRESA
ARTE & ESTILO BASADO EN LA METODOLOGIA LEAN SEIS SIGMA (6σ)

Tesis Presentado Para Obtener El Titulo De
INGENIERO INDUSTRIAL

PEREZ RIQUETT MELISSA MARGARITA
PLATA SILVA LADY JOHANNA

Trabajo de Grado
Asesor, Carlos Alberto Bocanegra Bustamante, Ingeniero Industrial.



UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC
FACULTAD DE INGENIERIA
BARRANQUILLA
2013

Nota de aceptación:

Firma de presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Barranquilla, 12 de Abril de 2013

A DIOS

Por haberme brindado la oportunidad de vivir en estos momentos de tanta adversidad y ayudarme a preparar mi futuro profesional y personal aplicando en este proyecto de grado los conocimientos que hasta este momento he adquirido

A MI MADRE LEYLA

Por colaborarme no solamente con sus conocimientos sino con su paciencia y dedicación ya que esto requiere de diversos factores para poder llegar a nuestro objetivo.

A MI PADRE SILVANO

Por permanecer a mi lado en todo momento, por apoyarme social y económicamente en el desarrollo de mi estudio de pregrado.

A MIS ABUELOS JULIO Y MARGARITA

Por brindarme sus experiencias, anécdotas, reflexiones y consejos cuando más los he necesitado

A MI HERMANO JULIO JOSE

Por su paciencia, dedicación, ayuda incondicional, cariño y afecto

Melissa Margarita Pérez Riquett

A DIOS

Por brindarme la fortaleza y salud que necesito para cada uno de los pasos que doy por este camino, por la bondad y sabiduría que me ha brindado para sortear los diferentes momentos de mi vida.

A MI MADRE EDITH

Por haberme regalado la bendición de la vida, por cada uno de los esfuerzos y sacrificios que ella ha realizado en búsqueda de mi bienestar, mis triunfos y éxitos son para esa mujer luchadora que aposto todo por sus hijos.

A MI PADRE EDUARDO

Porque a pesar de muchos de sus sueños e ilusiones siempre ha trabajado y su esfuerzo por hacer de nosotros grandes personas siempre ha sido su prioridad.

A MI HERMANA SANDRA

Una mujer luchadora, que siempre ha creído en mí y ha sido una compañera incansable desde el primer día de mi vida.

A MIS ABUELOS ELIAS Y ELISSA

Los cuales fueron fundamentales en mi formación, por su cariño, por su amor y entrega.

A DAVID TREJOS

Por su apoyo incondicional durante este proceso, brindándome sus conocimientos, amor, compañerismo y gratitud, por creer en mí y ser la mayor motivación para mis pasos.

Lady Johanna Plata Silva

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen:

A Dios por su providencia en este proceso ya que permitió desarrollar el proyecto durante este transcurso de 6 meses y proporcionar la sabiduría necesaria para llevarlo a cabo.

A nuestros padres y familiares por el apoyo y el ánimo aportado durante este tiempo.

A la Universidad de la Costa CUC por su gestión a favor de nuestra profesionalización.

A la Empresa Artes y Estilos JLO S.A.S por su colaboración incondicional para elaborar este proyecto, en especial al inspector de calidad de la Empresa MUEBLES JAMAR Sr. José López.

Al Ingeniero Carlos Alberto Bocanegra Bustamante quien nos acompañó durante el transcurso de este proyecto de grado, proporcionando todos sus conocimientos para la formación académica de cada una de nosotras.

A nuestros compañeros de aula por sus aportes a nuestra formación humana y académica en el transcurso de la asignatura Ingeniería de la Calidad

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	17
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
OBJETIVOS	21
OBJETIVO GENERAL	21
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
JUSTIFICACION	22
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	23
CAPITULO 1: GENERALIDADES	23
1.1. ETAPAS 6 SIGMA	23
1.2. D (Definir)	23
1.3. M (Medir)	24
1.4. A (Analizar)	25
1.5. I (Mejorar)	25
1.6. C (Controlar)	26
CAPITULO 2: MARCO REFERENCIAL	27
2.1 SEIS SIGMA	27
2.1.1 Antecedentes Del Enfoque	27
2.1.2 Autores y aportes a la calidad.	28
2.1.3 Beneficios del Seis sigma	30
2.2 EXCELENCIA EN CADA NIVEL	31
2.2.1 Niveles de Desempeño	31
2.3. FUNDAMENTOS DEL ENFOQUE ESTRATEGICO SEIS SIGMA	32
2.3.1 Costes de No Calidad	32

2.3.2 Relación Con Proveedores	32
2.3.3 Dentro de la Empresa	32
2.4 PROTOTIPO PARA LA IMPLEMENTACION SEIS SIGMA	33
2.4.1 DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar)	33
2.4.2 DMADV (Diseño para Seis Sigma)	34
2.5. HERRAMIENTAS BÁSICAS PARA SEIS SIGMA	36
2.5.1 Diagrama de Pareto	36
2.5.2 Hoja De Verificación	37
2.5.3 Diagrama de Ishikawa o Causa – Efecto	38
2.5.4 Diagrama de dispersión	39
2.5.5 Lluvias de ideas	40
2.5.6 Diagramas de flujo de procesos	40
2.5.8 Diagrama de Matriz DFC	42
2.6. AMEF	44
2.7. INFERENCIA ESTADISTICA	45
2.7.2 Población y muestra, parámetros y estadísticos.	46
2.7.3 Estimación puntual y por intervalo.	46
2.7.4 Estimación por intervalo	47
2.7.5. Prueba de hipótesis	49
2.9. ANALISIS DE CAPACIDAD DEL PROCESO	51
2.9.1 Índice CP	51
2.9.2 Índice Cr	53
2.9.3 Índice CPi , CPs , CPk	53
2.9.3.1 CPi	53
2.9.3.2 CPs	53
2.9.3.3 CPk	53

2.10 DISEÑO DE EXPERIMENTOS	54
2.10.1. Planificación:	55
2.10.2. Exploración	56
2.10.3. Optimización	57
2.10.4. Verificación	58
2.11. ANALISIS DE REGRESION	58
2.11.1 Regresión lineal simple	58
2.11.2 Regresión lineal múltiple	59
2.12 CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO	60
2.13. EQUIPO SEIS SIGMA	61
CAPITULO 3: IMPLEMENTACION PROYECTO SEIS SIGMA	62
3.1. FASE 0 METODOLOGIA DE IMPLEMENTACION DE UN MODELO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DE LA LIENA DE COMEDOR HOUSTON EN LA EMRPESA ARTE & ESTILO JULIO.	63
3.1.1 Recolección de datos.	63
3.1.2 Análisis de datos.	64
3.2.2 Definición de los CTS.	68
3.2.2.1. SIPOC	69
3.2.3 Definición Del Proceso	70
3.2.3.1. Diagrama De Procesos	70
3.2.3.2. Identificación de las variables criticas del proceso	70
3.3. FASE 2 – MEDIR	79
3.3.1. Validación del sistema de medición	79
3.3.1.1. Análisis de concordancia de atributos	79
3.3.2. Análisis Del Estado Actual Del Proceso	88
3.3.2.1. Análisis de capacidad de proceso	91
3.3.2.2. Métricas Seis Sigma	96

3.4. FASE 3 - ANALIZAR	97
3.4.1. Identificación Las Causas Que Generan El Problema	97
3.4.1.1. Matriz Causa – Efecto	97
3.4.1.2. Diseño de experimento	100
3.4.1.2.1 DOE (2 factores – 2 niveles)	100
3.4.1.2.2. Factor De Diseño	101
3.4.1.3. Supuestos estadísticos	104
3.5. FASE 4 – MEJORAR	113
3.5.1. Identificar la relación entre las causas y el problema	113
3.5.1.1 Análisis de modo y efecto de fallo “AMEF”	113
3.5.1.2. Diagrama de pareto	115
3.5.1.3. Formato 1: identificación – elaboración de silla	116
3.5.1.4. Formato 2: evaluación – elaboración de silla	121
3.6. FASE 5 – CONTROLAR	124
3.6.1. Generar un plan de control y seguimiento de mejoras	124
CONCLUSIONES	126
RECOMENDACIONES	127
BIBLIOGRAFÍA	130
ANEXOS	

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2.1 Metodología seis sigma	34
Figura 2.2 Diagrama de Pareto	36
Figura 2.3 Hoja de control de calidad	37
Figura 2.4. Diagrama Causa – Efecto	38
Figura 2.5 Diagrama de Dispersión	39
Figura 2.6. Diagrama de flujo del proceso	40
Figura 2.7 Diagrama SIPOC	41
Figura 2.8 General organization of a QFD matrix	42
Figura 2.9 Grafica 6 sigma	43
Figura 2.10 Esquema de actividades para la realización de un AMEF	44
Figura 2.11 Capacidad de los diferentes actores de un programa 6 σ	61
Figura 2.12 Funciones de los diferentes actores de un programa 6 σ	61
Figura 3.1 Fases de implementación 6 sigma	62
Figura 3.2 Diagrama de Pareto por causales	65
Figura 3.3 Diagrama de Pareto para validación del sistema de medición	88
Figura 3.4 Prueba de bondad de ajuste para Poisson	89
Figura 3.5 Análisis de Capacidad de Proceso Poisson	94
Figura 3.6 Grafica de Distribución de Poisson	96
Figura 3.7 Grafica de Probabilidad, Prueba analítica	104
Figura 3.8 Transformación de Johnson para una distribución de Poisson	105
Figura 3.9 Grafica de Residuos	106
Figura 3.10 Prueba de varianzas iguales	107
Figura 3.11 Grafica de valores individuales	109
Figura 3.12 Grafico de Cajas	110
Figura 3.13 Grafica de efectos principales	111
Figura 3.14 Grafica de interacciones	112
Figura 3.15 Diagrama de Pareto par a AMEF	115

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2.1 Nivel de Calidad	31
Tabla 2.2 Resumen De Formulas Para Intervalos De Confianza	49
Tabla 2.3 Indice Cp	52
Tabla 3.1 Recolección de datos	64
Tabla 3.2 Principales causales del grafico de Pareto	66
Tabla 3.3 Ficha Técnica Proceso Seis sigma	68
Tabla 3.4. Críticos de Satisfacción	68
Tabla 3.5. SIPOC	69
Tabla 3.6 Área / Proceso de corte	71
Tabla 3.7 Área/ proceso de armado	72
Tabla 3.8 Área / Proceso De Pulido	73
Tabla 3.9 Área / Proceso De Preparación	74
Tabla 3.10 Área / Proceso De Tintillado	75
Tabla 3.11 Área / Proceso De Pintura	76
Tabla 3.12 Área / Proceso De Secado	77
Tabla 3.13 Área / Proceso De Inspección	77
Tabla 3.14 Área / Proceso De Empaque Y Embalaje	78
Tabla 3.15 Área / Proceso De Despacho	78
Tabla 3.16 Recolección de datos	83
Tabla 3.17 Análisis de resultados	87
Tabla 3.17 Defectos por unidad	93
Tabla 3.18 Análisis de Grafica Capacidad de Procesos	95
Tabla 3.19 Matriz Causa - Efecto	99
Tabla 3.20 Datos diseño de experimentos	100
Tabla 3.21 Requerimientos del cliente	114
Tabla 3.22. Identificación de Variables	118
Tabla 3.23. Niveles de frecuencia y seriedad del efecto	119
Tabla 3.24. Evaluación de Variables	123

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de Proceso Analítico	134
Anexo 2. Calculo de la métrica operacional y financiera	134
Anexo 3. Formato de Inspeccion de Proceso y Producto	135
Anexo 4. Formato de Inspección de Producto DPU (Defectos por Unidad) Propuesto	133
Anexo 5. Formato de acta de visita	136
Anexo 6. Evidencias Fotográficas	136

RESUMEN

Desde el punto de vista de los clientes, las organizaciones existen para proveer bienes materiales e inmateriales, o un servicio, el cual satisfaga las necesidades y expectativas. Esos productos son derivados de un proceso en el cual se realizan un conjunto de operaciones en la que ingresan insumos (entrada), para luego transformarse en resultados (salidas). Los resultados pueden ser un producto o una modificación de un insumo que será a su vez será la materia prima para otro proceso. Las características de la calidad o variable de respuesta son aquellas que reflejan los resultados obtenidos en el proceso, a través de los valores que toman estas variables se podrá evaluar la eficacia del proceso para así brindarle al cliente final productos conformes. “Calidad es que un producto sea adecuado para su uso. Así, la calidad consiste en la ausencia de deficiencias en aquellas características que satisfacen al cliente”¹, (Juran 1990). La mejora de la calidad es una reacción en cadena que se inicializa con la finalidad de disminuir los costos para lograr menos reprocesos, fallas y retrasos, así lograr usar de manera óptima materiales, máquinas y recursos, mejorando la productividad para ser más competitivos en calidad y precio consolidándose en el mercado.

La metodología seis sigma proporciona efectividad a los procesos productivos basándose en una serie de pasos (Ciclo DMAIC), que busca lo dicho anteriormente acerca de lo que conforma el concepto de “Calidad” siendo asertivos en el mercado – sector madera.

Palabras claves: Calidad, Satisfacción del cliente, DMAIC, Variables, Capacidad, Seis Sigma, Madera,

¹ Fuente: Gutiérrez Pulido Humberto, De la Vara Salazar Román. Control Estadístico De Calidad Y Seis Sigma. Segunda edición. Mc Graw – Hill, 2009. Pág. 4 ISBN 978-10-4724-9.

ABSTRACT

From the point of view of customers, organizations exist to provide material and immaterial goods, or a service, which meets the needs and expectations. Those products are derived from a process which a set of operations are performed where incoming inputs (input), and then transformed in results (outputs). The results may be a product or a input's modification that will be equally raw material for another process.

The quality characteristics or response variable are those that reflect the results of the process, through the values taken by these variables can evaluate the effectiveness of the process to provide to customer compliant products. "Quality is a product suitable for use. Thus, quality is the absence of deficiencies in those features that meet customer "(Juran 1990). Improving quality is a chain reaction that is initialized in order to achieve lower costs to get less rework, failures and delays, achieve optimally use materials, machinery and resources, improving productivity to become more competitive in quality and price consolidated in the market.

The methodology six sigma provides efficiency in production processes based on a series of steps (DMAIC Cycle), which seeks the previously about what constitutes the concept of "quality" being assertive in the market - wood industry.

Keywords: Quality, Customer Satisfaction, DMAIC, Variable, Capacity, Six Sigma, Wood.

INTRODUCCION

Hoy en día para las empresas el termino competitividad se abre campo entre los objetivos principales, puesto que es de suma importancia llenar parámetros específicos que complazcan a el cliente final, notamos que tratados internacionales ponen en furor las políticas de calidad, ya que estas políticas generan confianza en el cliente y aceptación en el mercado, manteniendo estatus, reconocimiento de marca y ventajas competitivas frente a otras organizaciones. El termino Calidad ha tomado gran importancia en los últimos tiempos. Un número considerado de compañías en especial las Pymes, la definen como “Hacer todo bien a la primera vez cumpliendo y superando las necesidades del cliente” manufacturando bienes o servicios con un precio competitivo en mercados específicos.

Dentro de un proceso siempre existirá la variabilidad como un fenómeno que identifica diferencias cualitativas o cuantitativas aun y cuando correspondan a un mismo grupo de productos, esta variación puede ser lo suficiente para poder producir defectos o errores dentro de los bienes, lo que se busca es disminuir y mantener un control a toda el área productiva de dicha referencia siendo este el producto estrella de dicha organización, y disminuir los costos de no calidad generados por estas alteraciones del proceso productivo.

Manifestándose como una directa necesidad actual y futura la implementación de metodologías que respalden los procesos y garanticen productos que busquen la satisfacción del cliente, acompañada de estándares que denoten productividad y competitividad a nivel nacional e internacional; Lean Seis Sigma es una herramienta eficaz que se puede utilizar para aplicación en casos como estos, manteniendo la esencia que busca la empresa mediante un método de mejora continua apoyado de la metodología DMAIC, la cual es un seguimiento efectuado paso a paso para implementar en un proceso productivo.

Para el proyecto a realizar en la línea de producción de la referencia HOUSTON en la empresa Arte & Estilo julio. Se iniciara definiendo el problema buscando cumplir las expectativas y a su vez los requerimientos del cliente, se hace levantamiento de diagramas de procesos para estandarizar el procedimiento, continuando con la fase de medición que facilita la buscan de variables criticas que afectan el proceso y los indicadores de defectos, una vez se dada la recolección de los datos se puede identificar el nivel de eficiencia con el cual está efectuando su producto termino, con estos datos identificaremos las causas e implementaremos mejoras. La fase de análisis va de la mano con la fase de medición puesto que una depende de la otra para llegar a conclusiones efectivas y precisas, para mejorar hay que diseñar diferentes alternativas basadas en los resultados de las mediciones para crear planes de acción. La fase de controlar es aquella que valida las posibles soluciones y la medida de control para la detección de cualquier alteración.

Arte & Estilo julio es una empresa creada alrededor de cuatro años atrás que se fundamenta en garantizar la integridad de sus productos bajo estrictos controles de calidad, se presenta mediante este estudio una propuesta metodológica que tiene como objetivo reducir la variabilidad dentro de cualquier proceso (estandarizar) e identificar problemas en la empresa Arte & Etilo Julio como estrategia para el mejoramiento de su productividad.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La expansión comercial de Colombia es parte de una búsqueda de nuevas alternativas de desarrollo, que han sido gestionadas por nuestro gobierno con múltiples y efectivos negocios que permiten a Colombia expandirse a la globalización comercial e incursionar en tratados comerciales que hagan que las mercancías sean económicamente asequibles tanto para los demás países como para nosotros, dichos tratados ponen parte del sector industrial; en el caso del sector Madera a trabajar fuertemente por el reconocimiento internacional. Las industrias, las medianas y pequeñas empresas del sector muebles y madera son un potencial fuerte y con futuro en Colombia, importantes empresas que crecen en el sector son reconocidas por la innovación y diseños de sus muebles que dan fé de lo provisorio y efectivo que está siendo incursionar en este ámbito, guardando altos estándares de calidad que mejoren las alternativas de producción dentro de una organización y ofreciendo garantías sobre los procesos modernos y estables que se están efectuando al interior de las fabricas con la finalidad de darle una plena satisfacción al cliente dinámico de hoy en día.

Esta industria a nivel nacional cuenta con competencias fuertemente agresivas, las cuales están a la vanguardia de lo tecnológico y lo eficaz que genere ganancias y ventajas competitivas fuertes que posicionen el producto terminado en la mente y recordación de sus clientes. Es por ello y frente a estas múltiples competencias Arte & Estilo julio, busca el beneficio para sus cliente y trabajadores, buscando garantizar procesos estandarizados y 100 % a la vanguardia de lo que busca el cliente con cada uno de los ideales, haciendo una organización con altos niveles de competitividad y productividad.

Es por ello, que se busca la implementación de técnicas que propendan por la mejora de la productividad y competitividad desde la calidad de los productos que contribuyan al bienestar institucional, Seis sigma no es más que una base para

buscar el mejoramiento los procesos para que las dichas técnicas de calidad mantengan un proceso estable, limpio y eficaz con la mínima cantidad de errores, generando menos gastos y aumentando la eficiencia de los trabajadores y la empresa bajo la estandarización.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un modelo para el mejoramiento de la productividad y competitividad de la línea de comedor Houston en la empresa Artes & Estilo JLO S.A.S. basado en la metodología Lean seis sigma (6σ).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las diferentes variables críticas del proceso de transformación de la madera, desarrollando estrategias de medición, análisis, mejora y control en la línea de producción del comedor Houston
- Evaluar las variables críticas mediante el uso de las diferentes herramientas estadísticas de calidad como soporte del estudio e implementación de la metodología Seis Sigma
- Diseñar un sistema de mejora de desempeño permanente que permita la reducción de reclamaciones, mejoramiento en la comunicación con el cliente y con ello su fidelización hacia la empresa.
- Diseñar un sistema de validación e indicadores de gestión encaminada a la evaluación de las estrategias implementadas.

JUSTIFICACION

El estudio “Diseño De Un Modelo Para El Mejoramiento De La Productividad Y Competitividad De La Línea De Comedor Houston En La Empresa Arte & Estilo Basado En La Metodología Lean Seis Sigma (6σ)” busca diseñar alternativas que generen mejoramientos en el sector productivo de sillas referencia Houston de la empresa Arte & Estilo Julio; la nombrada organización implementa políticas tradicionales de calidad, como la mayoría de PYMES existentes en Colombia tomando la mayor concentración en sus procesos productivos y controlarlos bajo una estructura no rígida, uno de los aspectos importantes por los que se implementa la metodología lean seis sigma es la toma de decisiones mediante datos medibles que soporten el comportamiento de la empresa, además de mantener el proceso bajo un control estadístico que permita identificar el error una vez tenga ocurrencia, se toma en cuenta las políticas estratégicas de la organización la cual fundamenta la plena satisfacción del cliente a la hora de comprar y decidir , lean seis sigma garantiza niveles de mínima ocurrencia de error que permite satisfacer el requerimiento de la empresa y la satisfacción del cliente, así como la implementación de un proceso de mejora continua el cual es indispensable si se quieren afrontar nuevos retos como lo es una certificación en gestión de la calidad ISO 9000 dando mayor confiabilidad a sus clientes a la hora de vender sus productos ya que la compañía tiene como Misión la calidad de los mismos y la satisfacción del cliente.

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

CAPITULO 1: GENERALIDADES

1.1. ETAPAS 6 SIGMA

El proceso Seis Sigma (six sigma) se caracteriza por 5 etapas concretas:

- Definir el problema o el defecto
- Medir y recopilar datos
- Analizar datos
- Mejorar
- Controlar

Otras metodologías derivadas de ésta son: DMADV y PDCA-SDCA

- DMADV = (Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Verificar)
- PDCA-SDVA = (Planificar, Ejecutar, Verificar y Actuar)-(Estandarizar, Ejecutar, Verificar y Actuar).

1.2. D (Definir)

En la fase de definición se identifican los posibles proyectos Seis Sigma que deben ser evaluados por la dirección para evitar la inadecuada utilización de recursos. Una vez seleccionado el proyecto, se prepara y se selecciona el equipo más adecuado para ejecutarlo, asignándole la prioridad necesaria.

En esta fase deben responderse las siguientes cuestiones:

- ¿Qué procesos existen en su área?
- ¿De qué actividades (procesos) es usted el responsable?
- ¿Quién o quiénes son los dueños de estos procesos?
- ¿Qué personas interactúan en el proceso, directa e indirectamente?

- ¿Quiénes podrían ser parte de un equipo para cambiar el proceso?
- ¿Tiene actualmente información del proceso?
- ¿Qué tipo de información tiene?
- ¿Qué procesos tienen mayor prioridad de mejorarse?

1.3. M (Medir)

La fase de medición consiste en la caracterización del proceso identificando los requisitos clave de los clientes, las características clave del producto (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan al funcionamiento del proceso y a las características o variables clave. A partir de esta caracterización se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso.

En esta fase deben responderse las siguientes cuestiones:

- ¿Sabe quiénes son sus clientes?
- ¿Conoce las necesidades de sus clientes?
- ¿Sabe qué es crítico para su cliente, derivado de su proceso?
- ¿Cómo se desarrolla el proceso?
- ¿Cuáles son sus pasos?
- ¿Qué tipo de pasos compone el proceso?
- ¿Cuáles son los parámetros de medición del proceso y cómo se relacionan con las necesidades del cliente?
- ¿Por qué son esos los parámetros?
- ¿Cómo obtiene la información?
- ¿Qué exactitud o precisión tiene su sistema de medición?

1.4. A (Analizar)

En la fase de análisis, el equipo evalúa los datos de resultados actuales e históricos. Se desarrollan y comprueban hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto utilizando las herramientas estadísticas pertinentes. De esta forma el equipo confirma los determinantes del proceso, es decir las variables clave de entrada o "focos vitales" que afectan a las variables de respuesta del proceso.

En esta fase deben responderse las siguientes cuestiones:

- ¿Cuáles son las especificaciones del cliente para sus parámetros de medición?
- ¿Cómo se desempeña el proceso actual con respecto a esos parámetros? Muestre los datos.
- ¿Cuáles son los objetivos de mejora del proceso?
- ¿Cómo los definió?
- ¿Cuáles son las posibles fuentes de variación del proceso? Muestre cuáles y qué son.
- ¿Cuáles de esas fuentes de variación controla y cuáles no?
- De las fuentes de variación que controla ¿Cómo las controla y cuál es el método para documentarlas?
- ¿Monitorea las fuentes de variación que no controla?

1.5. I (Mejorar)

En la fase de mejora (*Improve* en inglés) el equipo trata de determinar la relación causa-efecto (relación matemática entre las variables de entrada y la variable de respuesta que interese) para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso. Por último se determina el rango operacional de los parámetros o variables de entrada del proceso.

En esta fase deben responderse las siguientes cuestiones:

- ¿Las fuentes de variación dependen de un proveedor? Si es así, ¿cuáles son?
- ¿Quién es el proveedor?
- ¿Qué está haciendo para monitorearlas y/o controlarlas?
- ¿Qué relación hay entre los parámetros de medición y las variables críticas?
- ¿Interactúan las variables críticas?
- ¿Cómo lo definió? Muestre los datos.
- ¿Qué ajustes a las variables son necesarios para optimizar el proceso?
- ¿Cómo los definió? Muestre los datos.

1.6. C (Controlar)

Fase, control, consiste en diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma se mantenga una vez que se hayan implementado los cambios. Cuando se han logrado los objetivos y la misión se dé por finalizada, el equipo informa a la dirección y se disuelve. En esta fase deben responderse las siguientes cuestiones: Para las variables ajustadas

- ¿Qué exactitud o precisión tiene su sistema de medición?
- ¿Cómo lo definió? Muestre los datos.
- ¿Cuánto se ha mejorado el proceso después de los cambios?
- ¿Cómo lo define? Muestre los datos.
- ¿Cómo mantiene los cambios?
- ¿Cómo monitorea los procesos?
- ¿Cuánto tiempo o dinero ha ahorrado con los cambios?
- ¿Cómo lo está documentando? Muestre los datos.

CAPITULO 2: MARCO REFERENCIAL

2.1 SEIS SIGMA

Seis sigmas es una metodología que engloba múltiples aspectos funcionales, es la forma más inteligente de dirigir un negocio o departamento al cual queramos impulsar mejores resultados con ayuda de métodos estadísticos y el análisis para la toma de decisiones e impulsa mejores resultados a las expectativas de la empresa, sus áreas principales es la mejora de la satisfacción del cliente, reducir los tiempos de ciclo y los defectos en el proceso mediante las fases.

2.1.1 Antecedentes Del Enfoque

El inicio de las políticas de calidad se hacen ver influyentes, bajo las constantes muestras de necesidades frente al consumismo de los seres humanos, por esta razón se hace latente la búsqueda de una metodología que como fin único busque llenar las expectativas y necesidades del cliente.

Seis sigmas es una filosofía que inicia en los años 80's como elemento fundamental para la establecer estrategias de negocio dentro de una organización, con el fin de plantear mejoramientos en la calidad de los procesos, esta metodología fue incurrida inicialmente por la empresa Motorola, G.E, Allied Signal, Sony, Polaroid, Dow Chemical, FedEx, Dupont, NASA, Lockheed, Bombardier, Toshiba, J&J, Ford, ABB, Black & Decker, entre otras.

Su filosofía inicia en Motorola, con el ingeniero Mikel Harry el cual influencia a la organización, incurrir en estudios de variabilidad enfocándose en los conceptos impartidos por Deming, en búsqueda del mejoramiento del mismo, con respecto a los resultados obtenidos, se convierte en la iniciativa focal de la compañía en busca de la calidad de Motorola, estableciendo metas de 3,4 errores por millón de

unidades producidas en los procesos, llegando a un índice de perfección; es así como la efectividad de el proceso se convierte llamativo para empresas que deciden incursionar en dicha metodología.

Esta se basa en la estructura metodológica DMAIC que como sus siglas en ingles indican DMAIC (Diseñar (Design), Medir (Measure), Analizar (Analyze), Mejorar (Improve), Controlar (Control) La metodología de procesos DMAIC de Six Sigma es un sistema que brinda mejoras medibles y significativas a procesos existentes que caen por debajo de sus especificaciones. La metodología DMAIC puede ser usada cuando un producto o proceso existe en su compañía pero no está alcanzando las especificaciones de los clientes o de lo contrario no rinde de forma adecuada

2.1.2 Autores y aportes a la calidad.

El concepto de calidad ha ido evolucionando a la par que lo ha hecho la economía desde la aplicación de la idea a conceptos industriales hasta su aplicación a empresas de servicios en general.

Galvin (1988) analiza el proceso de la evolución de las actividades relacionadas con la calidad e indica las cuatro etapas en la evolución del concepto:

ETAPA 1: Calidad mediante inspección. La idea primitiva de calidad en la que al final del proceso se comparaba el producto con un estándar determinado. Esta etapa coincide con la revolución industrial.

ETAPA 2: Control estadístico de la calidad. El precursor de esta etapa fue shewhart. Demuestra que mayores controles y la investigación final de toda la producción no era sinónimo de una mejor calidad lo óptimo es establecer un control a muestras planificadas.

ETAPA 3: Aseguramiento de la calidad. Autores como Juran (1951) o Feigenbaum afirman que la calidad no solo puede limitarse a la inspección y medición sino que debía planificarse y contemplarla sistemáticamente en toda la organización.

ETAPA 4: La calidad como estrategia competitiva. En esta etapa la calidad pasa de ser de interés para la dirección, se relaciona con rentabilidad, se la define desde el punto de vista del cliente y se la incluye dentro de la planificación estratégica. Se convierte en un factor clave de competitividad.

Juran (1951), Deming (1989), Crosby (1987) han sido considerados por muchos autores como los grandes teóricos de la calidad. Sus definiciones y puntos de vista han significado el punto de partida de muchas investigaciones.

Según Deming (1989) la calidad es “un grado predecible de uniformidad y fiabilidad a bajo coste, adecuado a las necesidades del mercado” El autor indica que el principal objetivo de la empresa debe ser permanecer en el mercado, proteger la inversión, ganar dividendos y asegurar los empleos. Para alcanzar este objetivo el camino a seguir es la calidad. La manera de conseguir una mayor calidad es mejorando el producto y la adecuación del servicio a las especificaciones para reducir la variabilidad en el diseño de los procesos productivos.

Para Juran (Juran y Gryna 1993) la calidad se define como adecuación al uso, esta definición implica una adecuación del diseño del producto o servicio (calidad de diseño) y la medición del grado en que el producto es conforme con dicho diseño (calidad de fabricación o conformidad).

La calidad de diseño se refiere a las características que potencialmente debe tener un producto para satisfacer las necesidades de los clientes y la calidad de conformidad apunta a cómo el producto final adopta las especificaciones diseñadas.

La idea principal que aporta Crosby (1987) es que la calidad no cuesta, lo que cuesta son las cosas que no tienen calidad. Crosby define calidad como

conformidad con las especificaciones o cumplimiento de los requisitos y entiende que la principal motivación de la empresa es el alcanzar la cifra de cero defectos. Desde la aparición de 6σ como una nueva estrategia metodológica de calidad, las empresas que han implementado su procedimiento a su actividad productiva se logran ver beneficiadas en aspectos económicos y de calidad, ya que se logran disminuir los errores en los proceso y en los servicios lo que les ha llevado a disminuir el número de errores en los proceso de producción y de servicio.

2.1.3 Beneficios del Seis sigma

Cuando los principios y las metodologías de Seis Sigma están correctamente aplicados a áreas estratégicas o procesos claves de cualquier empresa, los resultados y mejoras alcanzados pueden ascender a altas cantidades monetarias u otras cantidades como en:

- Mejoramiento de la Satisfacción del Cliente
- Aumento de Productividad y Valor Agregado
- Aumento de Capacidad y Fabricación de Productos
- Reducción de Defectos Totales y de Tiempos de Ciclo
- Aumento de Confiabilidad del Producto
- Mejoramiento de Flujo de Procesos
- Incremento en el Retorno de la Inversión

En esta época de intensa competencia global, los clientes esperan más calidad y valor por su inversión. Las compañías que se esfuerzan en proporcionar un servicio y valor de primera clase a sus clientes saben que solo las normas más altas ganaran y sostendrán las relaciones de negocios. Por consiguiente, nunca ha habido un tiempo más apropiado para que las compañías aprendan y practiquen los métodos Seis Sigma.

2.2 EXCELENCIA EN CADA NIVEL

Casi todas las organizaciones tienen tres niveles básicos. El nivel comercial comprende el nivel más alto de la organización. El segundo nivel es operaciones. El tercer nivel es el nivel de proceso. Seis Sigma es transmitida a toda la empresa y es aplicado a cada nivel para lograr resultados significativos. El éxito de Seis Sigma está en función del grado en global. A diferencia de otras iniciativas, Seis Sigma necesita ser comprendido e integrado en cada nivel, de modo que se puedan hacer mejoras a largo plazo, a través de toda la empresa.

2.2.1 Niveles de Desempeño

Nivel de calidad	DPMO (Defectos por Millón de Oportunidades)	Nivel Sigma
30.90%	690,000	1
69.20%	308,000	2
93.30%	66,800	3
99.40%	6,210	4
99.98%	320	5
99.99%	3,4	6

Tabla 2.1 Nivel de Calidad²

² Fuente. Gutiérrez Pulido Humberto, De la Vara Salazar Román. Control Estadístico De Calidad Y Seis Sigma. Segunda edición. Mc Graw – Hill, 2009. 475 P. ISBN 978-10-4724-9.

2.3. FUNDAMENTOS DEL ENFOQUE ESTRATEGICO SEIS SIGMA

2.3.1 Costes de No Calidad

Se busca reducir el número de defectos del producto o servicio logrando un nivel mayor de sigma (σ), en búsqueda del nivel 6 σ el producto acabado, es decir, 3,4 defectos por millón, y con ello reducir al mínimo los costes asociados a los problemas de calidad en la empresa.

Si una empresa el índice de calidad medido en sigma significa que ha reducido sus defectos por millón y, por tanto, ha mejorado la calidad de sus productos, al lograrlo notara que se reducen los costes asociados a la baja calidad del producto (en muchos casos no cuantificamos), sobretodo los costes de reproceso y de garantías. Eso se traducirá en una mejora de la cifra de resultados del negocio. Además, aumentara la competitividad de la empresa

2.3.2 Relación Con Proveedores

El papel que desempeñan los proveedores resulta fundamental para que seis sigma que llegue a implantarse de forma efectiva. Los proveedores constituyen el primer eslabón de la cadena, y sobre ellos habrá que actuar para obtener calidad desde el origen ya que no depende exclusivamente de nuestra organización, sino que vendrá supeditada por grado de calidad que nos sirvan los proveedores. Es muy importante trabajar conjuntamente con ellos y que asuman la responsabilidad de proporcionar niveles de calidad acordes a los que tiene proyectados la propia empresa.

2.3.3 Dentro de la Empresa

Tener buenos proveedores es una condición necesaria pero no suficiente. Se requiere además, tomar acciones en el ámbito interno que mejoren el nivel de

calidad en sigmas de todas las secciones que intervienen en la secuencia del proceso productivo, así como el área de diseño, pues, también producción y diseño afectan la variabilidad del producto

Por otra parte, la estrategia seis sigma reduce los costes globales de la compañía mediante la mejora de la calidad del producto acabado hasta cifras muy bajas que está demostrada la experiencia de una alta correlación entre los defectos por millón de productos y los costes de no calidad de una compañía.

2.4 PROTOTIPO PARA LA IMPLEMENTACION SEIS SIGMA

La metodología utilizada durante el proceso de mejora para seis sigmas, es la conocida como DMAIC (Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar), la cual consiste en la aplicación del proceso mediante cuatro etapas, con la utilización de herramientas estadísticas que permiten definir los problemas dentro de los procesos a optimizar.

2.4.1 DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar)

La metodología de procesos DMAIC de Six Sigma es un sistema que brinda mejoras medibles y significativas a procesos existentes que caen por debajo de sus especificaciones. La metodología DMAIC puede ser usada cuando un producto o proceso existe en su compañía pero no está alcanzando las especificaciones de los clientes o de lo contrario no rinde de forma adecuada.

DMAIC es un acrónimo para cinco fases interconectadas:

- Definir los objetivos del proyecto y las entregas tanto para los clientes como externos.
- Medir el proceso para determinar el rendimiento actual.
- Analizar y determinar la causa(s) principal(es) de los defectos.
- Mejorar los procesos eliminando los defectos.
- Controlar el rendimiento de los procesos futuros.

2.4.2 DMADV (Diseño para Seis Sigma)

Metodología enfocada a desarrollar productos y procesos con calidad Seis Sigma y minimizar sorpresas negativas de última hora en la introducción de nuevos productos al mercado de sectores económicos específicos.

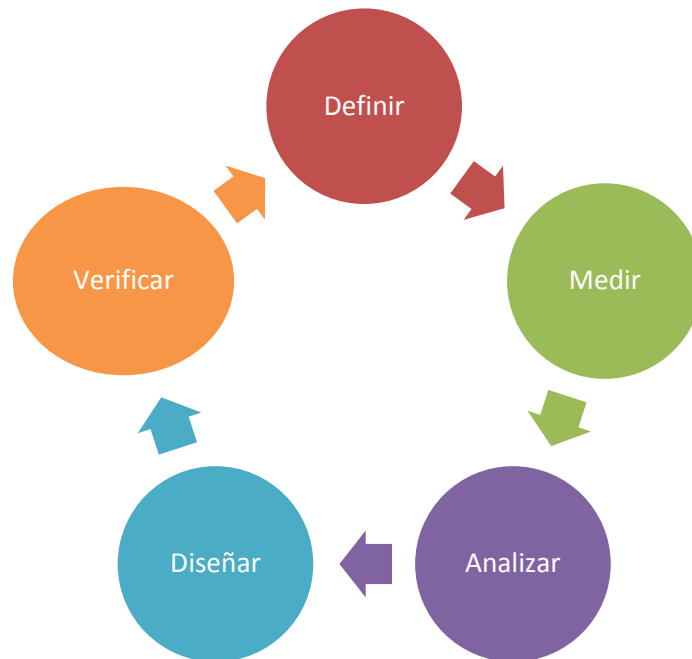


Figura 2.1 Metodología seis sigma³

Los principios básicos de esta metodología son:

- Requerimiento de clientes (Variables Críticas de Calidad – VCC)
- Requerimientos fluyen hacia abajo
- Capacidad fluye hacia arriba
- Modelado

³ Fuente: Elaborado por autores.

Fase 1. Definir (D):

En esta fase se desarrollan actividades similares a las descritas en el DMAIC en donde se elabora el marco del proyecto

Fase 2. Medir (M):

Planear y conducir las investigaciones necesarias para entender las necesidades del cliente o consumidor y los requerimientos relacionados. Trasladar esas necesidades y requerimientos en características de diseño factibles de ser medidas

Fase 3. Analizar (A):

Desarrollar los conceptos alternativos. Seleccionar los conceptos que encajen mejor para desarrollar el diseño de alto nivel y predecir su capacidad para cumplir las VCC y los requerimientos.

Fase 4. Diseñar (D):

Desarrollar los detalles del diseño, evaluar la capacidad del diseño propuesto y desarrollar los planes para realizar pruebas piloto del nuevo producto o servicio rediseñado.

Fase 5. Verificar (V):

Construir o desarrollar un producto o proceso piloto para verificar el cumplimiento de las VCC.

2.5. HERRAMIENTAS BÁSICAS PARA SEIS SIGMA

Para la metodología seis sigma, utilizamos herramientas estadísticas básicas como soporte de la información y con el fin de mejorar la calidad, las herramientas estadísticas permitirán el reconocimiento de los problemas en el área de producción o cualquier otra área que necesite saber el origen, o lo que está causando los defectos; Además de facilitar la planeación.

2.5.1 Diagrama de Pareto

Es aplicado para identificar las causas principales de aquellos problemas que se presentan dentro del proceso productivo en orden de mayor a menor y así mitigar o eliminar dichas causas que afectan al producto final. La viabilidad y utilidad general del diagrama está respaldada por el llamado principio de pareto 80-20 o “Pocos Vitales, Muchos Triviales” en el cual se reconoce que pocos elementos (20%) generan mayor parte del efecto (80%) y el resto de los elementos propician muy poco del efecto total

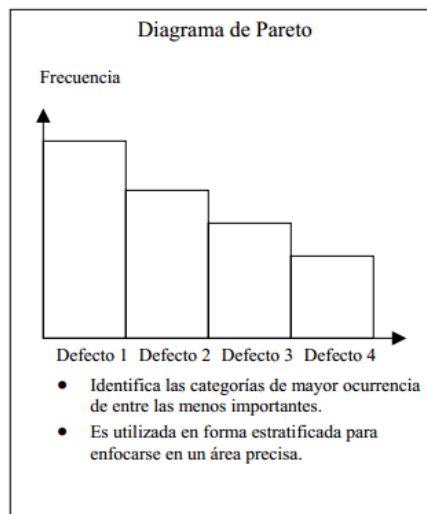


Figura 2.2 Diagrama de Pareto⁴

⁴ Fuente: López, Gustavo. Investigador del Instituto de Ingeniería UABC, “Metodología Six Sigma: Calidad Industrial”. México D.C., Pág. 6

2.5.2 Hoja De Verificación

Es un formato construido para coleccionar datos, de forma que su registro sea sencillo, sistemático y que sea fácil analizarlos. Una buena hoja de verificación debe reunir características de que, visualmente, permita hacer un primer análisis para apreciar las principales características de la información buscada. Algunas de las situaciones en las que resulta de utilidad obtener datos a través de las hojas de verificación son las siguientes:

- Describir el desempeño o los resultados de un proceso
- Clasificar las fallas, quejas o defectos, con el propósito de identificar sus magnitudes, razones, tipos de fallas, áreas de donde proceden, etc.
- Confirmar posibles causas de problemas de calidad
- Analizar o verificar operaciones y evaluar el efecto de los planes de mejora

Hoja de control de calidad						
Hoja de control N°		Producto a controlar:				
Fecha:		Sector de donde proviene la muestra:				
Medida especificada	Medicion 0	Medicion 1	Medicion 2	Operario		Instrumento utilizado.
				Firma	Aclaración	
(Firma y aclaracion) Jefe de Dpto. Control de calidad		(Firma y aclaracion) Jefe de planta			(Firma y aclaracion) Responsable del sector proveniente	

Figura 2.3 Hoja de control de calidad⁵

⁵ Fuente: Sabán, Jorge. Organización Industrial II. Documentos para procesos de fabricación. Disponible en: <http://orgindustrial2.blogspot.com/2013/03/documentos-para-procesos-de-fabricacion.html>

2.5.3 Diagrama de Ishikawa o Causa – Efecto

Es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas.

- Método del flujo del proceso: método de construcción donde su línea principal sigue un flujo del proceso y en ese orden se agregan las causas
- Método de las 6M: método de construcción en donde se agrupan las causas potenciales de acuerdo con las 6M (Métodos de trabajo, Mano de obra, Materiales, Maquinaria, Medición y Medio Ambiente)
- Método de estratificación: implica construir un diagrama considerando directamente las causas potenciales agrupándolas por similitud

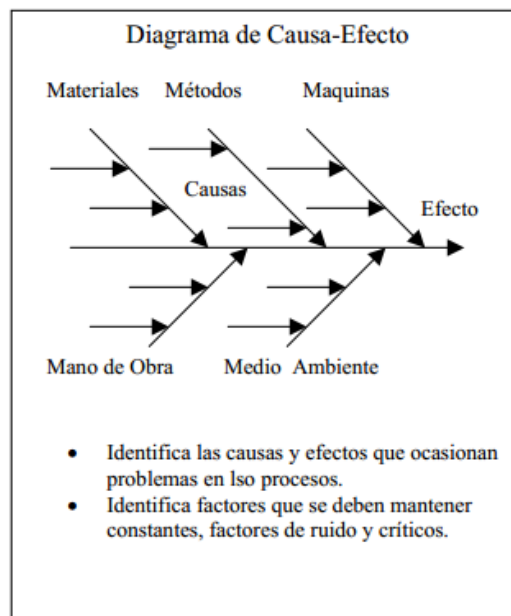


Figura 2.4. Diagrama Causa – Efecto⁶

^{6 6} Fuente: López, Gustavo. Investigador del Instituto de Ingeniería UABC, “Metodología Six Sigma: Calidad Industrial”. México D.C., Pág. 6

2.5.4 Diagrama de dispersión

Dadas dos variables numéricas X y Y , medidas usualmente sobre el mismo elemento de la muestra de una población o proceso, el diagrama es una grafica X - Y donde cada elemento de la muestra es representado mediante un par de valores (x,y) y el punto correspondiente en el plano cartesiano. El objetivo de este diagrama es analizar la forma en que estas dos variables están relacionadas

Correlación Positiva: es cuando dos factores (x,y) se relacionan de forma lineal positiva, de tal forma que al aumentar uno también aumenta el otro

Correlación Negativa: Relación lineal entre dos variables (x,y) tal que cuando una variable crece la otra disminuye y viceversa

No correlación: se presenta cuando los puntos en un diagrama de dispersión están dispersos sin ningún patrón y orden aparente

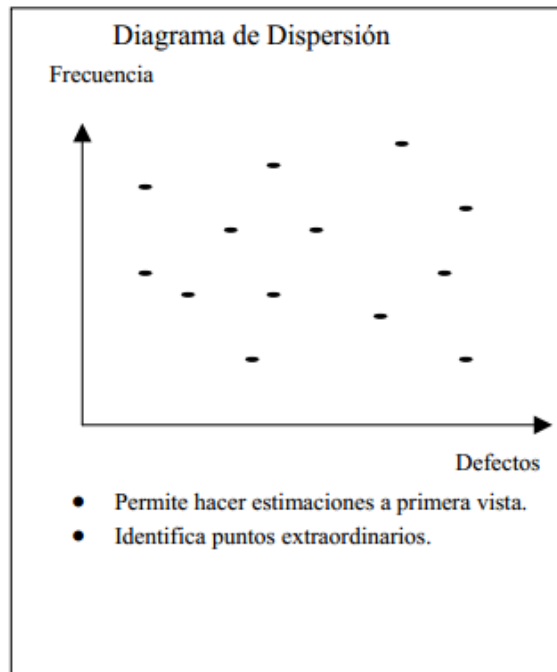


Figura 2.5 Diagrama de Dispersión⁷

^{7 7} Fuente: López, Gustavo. Investigador del Instituto de Ingeniería UABC, "Metodología Six Sigma: Calidad Industrial". México D.C., Pág. 7

2.5.5 Lluvias de ideas

La lluvia de ideas es el proceso de generación de nuevas ideas y soluciones a través de grupos de discusión en donde la gente hace muchas sugerencias y se eligen los mejores. La técnica de lluvia de ideas es un procedimiento de equipo orientado a que pueda aplicarse en la formación de Six Sigma, comenzar diciendo y escribiendo antes del inicio de la sesión. El individuo cualificado y experimentado iniciará la sesión utilizando el rotafolio y poniendo todos los problemas relacionados en forma escrita para que todo el mundo comprenda el problema y pedir a cada equipo, cualquier tipo de ideas respecto de la cuestión.

2.5.6 Diagramas de flujo de procesos

Se conocen por medio de este tipo de diagramas las etapas de los procesos productivos por medio de una secuencia de pasos así como etapas críticas del mismo

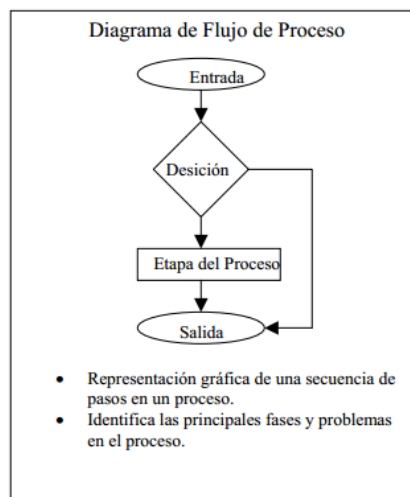


Figura 2.6. Diagrama de flujo del proceso⁸

⁸ Fuente: López, Gustavo. Investigador del Instituto de Ingeniería UABC, "Metodología Six Sigma: Calidad Industrial". México D.C., Pág. 6

2.5.7. SIPOC

El Diagrama SIPOC, es la representación gráfica de un proceso de gestión. Esta herramienta permite visualizar el proceso de manera sencilla, identificando a las partes implicadas en el mismo:

- Proveedor (supplier): persona que aporta recursos al proceso
- Recursos (inputs): todo lo que se requiere para llevar a cabo el proceso. Se considera recursos a la información, materiales e incluso, personas.
- Proceso (process): conjunto de actividades que transforman las entradas en salidas, dándoles un valor añadido.
- Cliente (customer): la persona que recibe el resultado del proceso. El objetivo es obtener la satisfacción de este cliente.

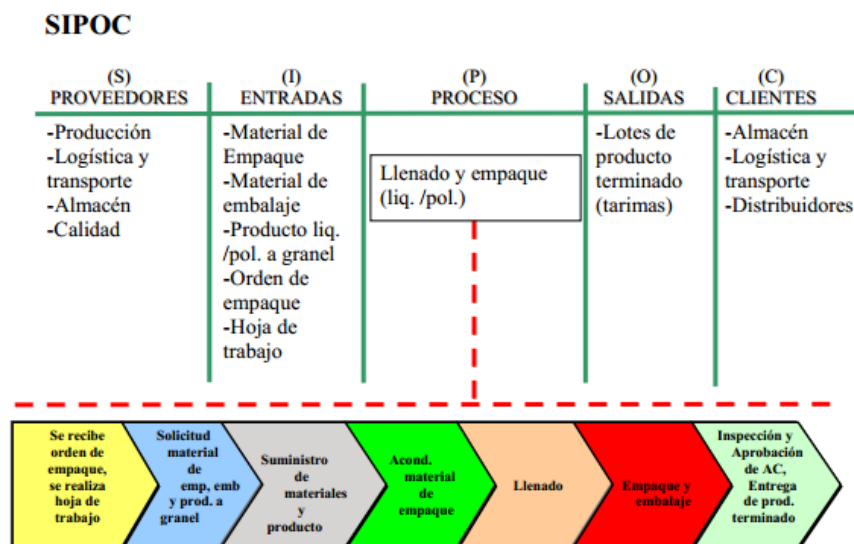


Figura 2.7. Diagrama SIPOC⁹

⁹ Fuente: Cariño G, Rubén. Tendencias Tecnológicas, 6 sigma y la capacidad del proceso en proyectos. Boletín IIE.

2.5.8 Diagrama de Matriz DFC

El DFC significa el Despliegue de la Función de Calidad o por su nombre en inglés "Quality Function Deployment, QFD", también conocido como la casa de la calidad por la figura que se forma durante el proceso de desarrollo. Es un sistema para traducir los requerimientos del cliente a los parámetros apropiados de la empresa en cada una de las etapas del ciclo de desarrollo de productos desde la investigación y desarrollo, hasta la ingeniería, fabricación, mercadotecnia, ventas y distribución. El DFC traduce los requerimientos del cliente en especificaciones técnicas en cada una de las etapas del proceso de desarrollo del producto. Un método sistemático para garantizar que las propiedades, características y especificaciones de un producto, así como la selección y desarrollo de equipos, métodos y controles de proceso, estén orientados a las demandas del cliente o del mercado. No es una herramienta de calidad, es una poderosa herramienta de planificación. Permite introducir nuevos productos a la mitad del costo y al doble de productividad y calidad y se fabrica en 2/3 partes del tiempo.

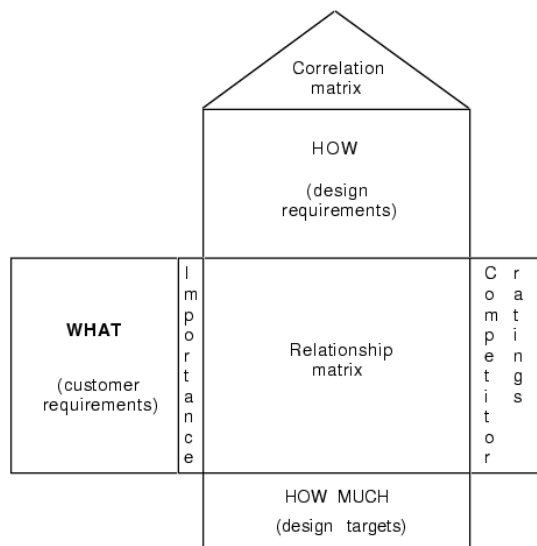


Figura 2.8 General organization of a QFD matrix¹⁰

¹⁰ Vargas, Jairo. Six Sigma, Una estrategia empresarial que está revolucionando al mundo. Fundación Universitaria Konrad Lorenz.

2.5.9 Grafica de seis sigmas 6σ

Esta grafica es utilizada con el fin de demostrar el nivel de defectos que se presentan o registran en el proceso de validación, muestra que el proceso de validación estará situado en el lugar de la media viendo que el proceso estará cambiando a escalas muy pequeñas reconociendo que la media es el punto que indica el punto central del proceso de variación. El área bajo la curva muestra los niveles con los valores, cada uno con los porcentajes de confiabilidad diferentes, los que van desde 68.27%(nivel 1) hasta el 99.999943% nivel 6) mostrando el área localizada bajo la curva como el valor que comprende la media de los datos y las desviaciones varían según el nivel de confiabilidad.

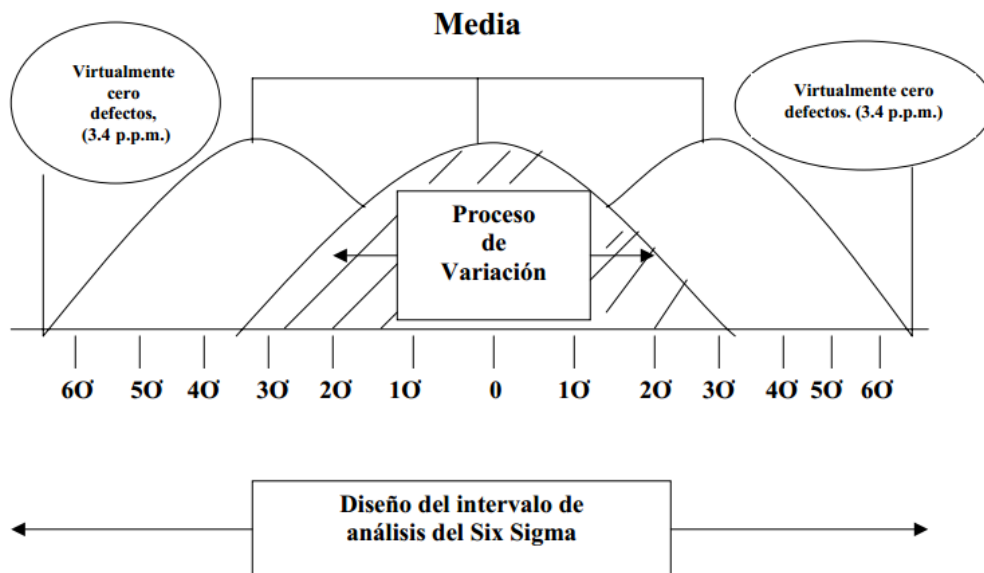


Figura 2.9 Grafica 6 sigma¹¹

¹¹Fuente: López, Gustavo. Investigador del Instituto de Ingeniería UABC, "Metodología Six Sigma: Calidad Industrial". México D.C., Pág. 9

2.6. AMEF

El análisis de modo y efecto de fallas (AMEF, FMEA) permite mediante un análisis de frecuencia, identificar las fallas potenciales de un producto o un proceso, las formas de detección y además el efecto que estas pueden causar; esas fallas son jerarquizadas, en el caso de las falas que vulneran mas la confiabilidad del producto o proceso será necesario el despliegue de acciones para atenderlas y mitigarlas.

La utilización del AMEF dentro de un producto o un proceso es una actividad que puede generar altos grados de confiabilidad además que disminuye la probabilidad de que fallen.

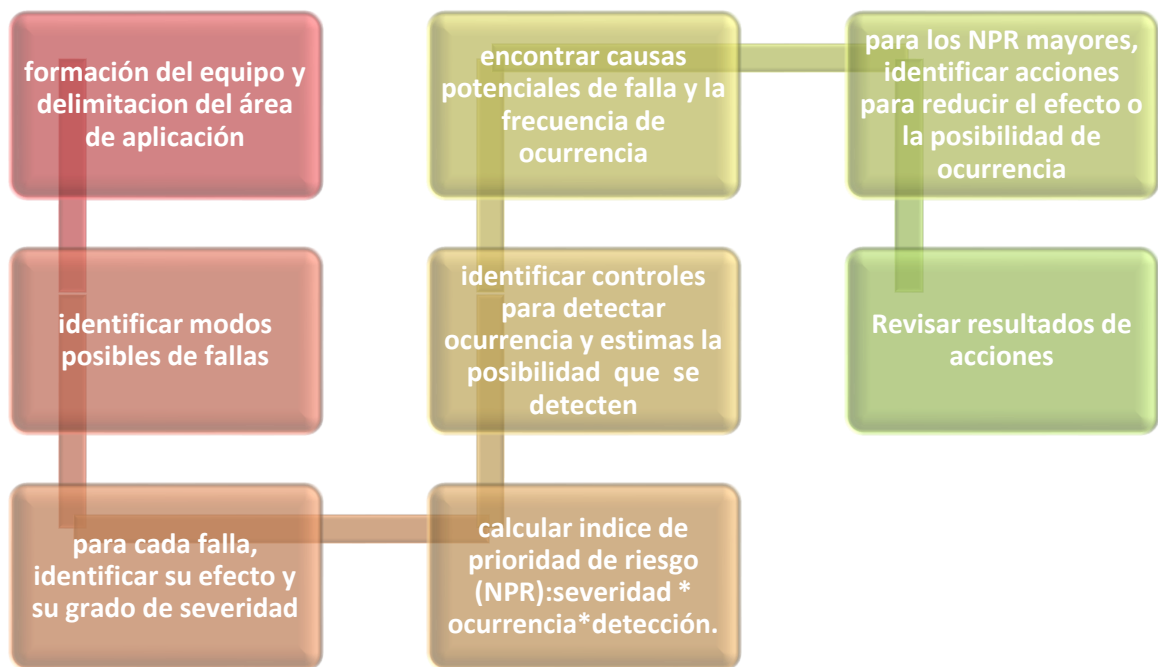


Figura 2.10 Esquema de actividades para la realización de un AMEF¹²

¹² Fuente: Gutiérrez Pulido Humberto, De la Vara Salazar Román. Control Estadístico De Calidad Y Seis Sigma. Segunda edición. Mc Graw – Hill, 2009. 408 P. ISBN 978-10-4724-9.

2.6.1. Ventajas del AMEF

- Disminuye las fallas y obstáculos que impiden que las instalaciones de un equipo sean fáciles y rápidas.
- Mitiga los modos de falla potenciales que obstaculizan que el mantenimiento y/o servicio a un equipo sea fácil y rápido
- Permite la facilidad de utilización de un equipo
- Brinda seguridad y disminuye riesgos ambientales

2.7. INFERENCIA ESTADISTICA

La inferencia estadística es el proceso, “técnicas” o “métodos” que conlleva a la obtención de datos partiendo de la información la cual contiene una muestra, convirtiéndose en el soporte y el elemento de apoyo el cual le permite al investigador concluir con los resultados del proceso a estudiar, inicialmente se toman medidas o datos de la muestra, con aspecto viables, luego se indaga sobre el interés por el cual se realiza dicho estudio para enfocar el análisis según los intereses, por lo general la inferencia se divide en estimación y prueba de hipótesis, y se apoya en cantidades o estadísticos calculados de las observaciones de la muestra.

2.7.1. Ventajas

- Los operativos son menores
- Posibilita analizar un mayor número de variables
- Permite controlar las variables en estudio

2.7.2 Población y muestra, parámetros y estadísticos.

Los estudios estadísticos están generalmente enfocados a conocer y/o tomar decisiones acerca de una población o universo que, desde el punto de vista estadístico, es el conjunto formado por la totalidad de individuos, especímenes, objetivos o medidas de interés sobre los que realizan un estudio.

Las poblaciones se clasifican en finitas o infinitas, si es finita y pequeña es posible medir todos los individuos para tener el conocimiento “exacto” de las características (*parámetros*) de esta población, en control de calidad las poblaciones de interés son materiales, ejemplo de ellos son los productos terminados, partes o componentes, los clientes etc. En este caso estas poblaciones son conocidas como infinitas o grandes.

En estos casos los procesos son estudiados mediante muestras de artículos o partes extraídas de alguna parte del proceso productivo o del proceso en si, es muy importante verificar que las muestras sean representativas, en el sentido que reflejen las características claves de la población en relación con los objetivos de estudio. Una forma de lograr esa representativa muestra es hacerlo de forma aleatoria (al azar), donde la selección no tenga algún sesgo en una dirección que favorezca la inclusión de ciertos elementos en particular, sino sean todos los elementos de la población incluidos.

2.7.3 Estimación puntual y por intervalo.

Una población se caracteriza por una variable aleatoria y ésta, a su vez, por su distribución de probabilidad. Por lo general una distribución depende de parámetros que, si se desconocen, será necesario estimarlos con base en los datos muestrales.

El estimador puntual de un parámetro es una estadístico que genera un valor numérico simple, y que se utiliza para proporcionar una estimación del valor del parámetro desconocido, con frecuencia es necesario estimar valores como:

- La media μ del proceso (población)
- La varianza σ^2 o la desviación estándar σ del proceso
- La proporción de p artículos defectuosos

Los estimadores puntuales (estadísticos) más recomendado para estimar estos parámetros son respectivamente:

- La media muestral $\hat{\mu} = \bar{X}$
- La varianza muestral $\hat{\sigma}^2 = S^2$
- La proporción de defectuosos en la muestra, $\hat{p} = \frac{X}{n}$, donde X es el número de artículos defectuosos en una muestra de tamaño n .

2.7.4 Estimación por intervalo

Como la estimación puntual de un parámetro se genera a través de un estadístico, y como el valor de este es aleatorio porque depende de los elementos que fueron seleccionados en la muestra, entonces la estimación que se hace sobre el parámetro dependerá y variara de una muestra a otra. De esta forma, cuando se quiere tener mayor certidumbre acerca del verdadero valor del parámetro poblacional, será necesario obtener la información sobre que tan precisa es la estimación puntual. Así, la estimación puntual dirá poco sobre el parámetro cuando la variación entre una estimación y otra es muy grande. Una forma de saber que tan variable es el estimador consiste en calcular la desviación estándar o error estándar del estadístico, visto como una variable aleatoria.

Una forma operativa de saber que tan precisa es la estimación consistente en calcular un intervalo de confianza que indique un rango “donde puede estar el parámetro” con cierto nivel de seguridad o confianza. Construir un intervalo al 100 $(1-\alpha)\%$ de confianza para un parámetro desconocido θ consiste en estimar dos números L y U, de manera que la probabilidad de que θ se encuentre entre ellos sea $(1-\alpha)$, es decir,

$$P(L \leq \theta \leq U) = 1 - \alpha$$

Donde L y U forman el intervalo de confianza buscado $[L, U]$.

Existen parámetros de confianza para la media μ , para la varianza σ , y para la proporción p resumidos en la siguiente tabla.

PARÁMETROS	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
μ	$\bar{X} - t_{\alpha/2, n-1} \frac{S}{\sqrt{n}}$	$\bar{X} + t_{\alpha/2, n-1} \frac{S}{\sqrt{n}}$
σ^2	$\frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{\alpha/2, n-1}}$	$\frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{1-\alpha/2, n-1}}$
p	$\hat{p} - Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}$	$\hat{p} + Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}$
$\mu_1 - \mu_2$	$(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - t_{\alpha/2, n_1+n_2-2} S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$	$(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) + t_{\alpha/2, n_1+n_2-2} S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$
$\frac{\sigma^2_1}{\sigma^2_2}$	$\frac{S^2_1}{S^2_2} F_{1-\alpha/2, n_2-1, n_1-1}$	$\frac{S^2_1}{S^2_2} F_{\alpha/2, n_2-1, n_1-1}$
$p_1 - p_2$	$(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) - Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}_1(1-\hat{p}_1)}{n_1} + \frac{\hat{p}_2(1-\hat{p}_2)}{n_2}}$	$(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) + Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}_1(1-\hat{p}_1)}{n_1} + \frac{\hat{p}_2(1-\hat{p}_2)}{n_2}}$

Tabla 2.2 Resumen De Formulas Para Intervalos De Confianza¹³

2.7.5. Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis en un estudio estadístico, busca responder con cierta confianza ciertas preguntas y/o tomar decisiones. En este contexto, la persona que hace el estudio puede tener *a priori* ciertas creencias o hipótesis de lo que se desea comprobar.

¹³ Fuente. Gutiérrez Pulido Humberto, De la Vara Salazar Román. Control Estadístico De Calidad Y Seis Sigma. Segunda edición. Mc Graw – Hill, 2009. 475 P. ISBN 978-10-4724-9.

- Planteamiento de una prueba de hipótesis

Estas pruebas son afirmaciones realizadas sobre los valores de los parámetros de una población o proceso, susceptible de probarse a partir de la información contenida en una muestra representativa extraída la población.

- Hipótesis nula (H_0): afirmación acerca del valor de un parámetro poblacional que se considera válida para desarrollar el procedimiento de prueba.
- Hipótesis alternativa (H_A): afirmación que se aceptara si los datos muestrales proporcionan evidencia de que la hipótesis nula es falsa.

2.8. ESTADISTICO DE PRUEBA

Probar una hipótesis consiste en investigar, con base en la evidencia contenida en una muestra seleccionada de manera adecuada, si lo afirmado por la hipótesis nula es verdad o no, y en caso de ser falso, se toma como verdadera la alternativa.

H_A . La estrategia para probar la hipótesis parte del supuesto de que H_0 es verdadera, y si los resultados de la investigación contradicen en forma suficiente dicho supuesto, entonces se rechaza H_0 y se aprueba la hipótesis alternativa. En caso de que los resultados de la investigación no demuestren claramente la falsedad de H_0 , esta no se rechaza, Es decir la hipótesis nula es verdadera mientras no se demuestre lo contrario.

Una vez planteada la hipótesis se toma una muestra aleatoria de la población bajo el estudio. El estadístico de prueba es una forma que permite calcular el número a partir de los datos y la hipótesis nula. La magnitud de el numero permite discernir si se rechaza o no la hipótesis nula H_0 .

- Criterio de rechazo:

El estadístico de prueba, construido bajo el supuesto de que H_0 es verdad, es una variable aleatoria con distribución conocida. Si en efecto, H_0 es verdad, el valor del estadístico de prueba debería caer dentro del rango de valores más probables de su distribución asociada, el cual se conoce como región de aceptación. Pero si cae en una de las colas de su distribución asociada, fuera del rango de valores más probables (en la región de rechazo), es evidencia en contra de que este valor pertenece a dicha distribución. De aquí se deduce que está mal el supuesto bajo el cual se construyó, es decir, H_0 debe ser falsa.

2.9. ANALISIS DE CAPACIDAD DEL PROCESO

Índices de capacidad para procesos de doble especificación

Los procesos tienen variables de salida o de respuesta, las cuales deben cumplir con ciertas especificaciones a fin de considerar que el proceso está funcionando de manera satisfactoria. Evaluar la habilidad o capacidad de un proceso consiste en conocer la amplitud de la variación natural de este para una característica de calidad dada. Lo cual permitirá saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria.

2.9.1 Índice C_p

Indicador de la capacidad potencial del proceso que resulta de dividir el ancho de las especificaciones (variación tolerada) entre la amplitud de la variación natural del proceso

El índice de capacidad potencial del proceso, C_p , se define de la siguiente manera

$$C_p = \frac{\text{Variación tolerada}}{\text{Variación real}}$$

Su interpretación es considerada según la siguiente tabla:

Valor del índice C_p	Clase o categoría del proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma
$C_p \geq 1.33$	1	Adecuado
$1 < C_p < 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
$0.67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

Tabla 2.3 Índice C_p ¹⁴

¹⁴ Fuente. Gutiérrez Pulido Humberto, De la Vara Salazar Román. Control Estadístico De Calidad Y Seis Sigma. Segunda edición. Mc Graw – Hill, 2009. 475 P. ISBN 978-10-4724-9.

2.9.2 Índice C_r

Indicador de la capacidad potencial del proceso que divide la amplitud de la variación natural de este entre la variación tolerada. Representa la proporción de la banda de especificaciones que es cubierta por el proceso

$$C_r = \frac{\text{Variación real}}{\text{Variación tolerada}}$$

2.9.3 Índice C_{pi} , C_{ps} , C_{pk}

2.9.3.1 C_{pi}

Indicador de capacidad de un proceso para cumplir con la especificación inferior de una característica de especificación de calidad.

$$C_{pi} = \frac{\mu - EI}{3\sigma}$$

2.9.3.2 C_{ps}

Indicador de la capacidad de un proceso para cumplir con la especificación superior de una característica de calidad.

$$C_{ps} = \frac{ES - \mu}{3\sigma}$$

2.9.3.3 C_{pk}

Indicador de la capacidad real de un proceso que se puede ver como un ajuste del índice C_p para tomar en cuenta el centrado del proceso

$$C_{pk} = \text{Mínimo} \left[\frac{\mu - Ei}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right]$$

2.10 DISEÑO DE EXPERIMENTOS

En la industria, los experimentos diseñados se pueden utilizar para investigar sistemáticamente las variables del proceso o producto que afectan la calidad del producto. Luego de que identifique las condiciones del proceso y los componentes del producto que afectan la calidad del mismo, usted puede dirigir los esfuerzos de mejoramiento para optimizar la manufacturabilidad, confiabilidad, calidad y el rendimiento del producto.

Por ejemplo, es probable que usted desee investigar la influencia del tipo de revestimiento y la temperatura del horno sobre la resistencia a la corrosión de las barras de acero. Usted podría diseñar un experimento que le permita recolectar datos a diferentes combinaciones de revestimiento/temperatura, medir la resistencia a la corrosión y luego utilizar los resultados para ajustar las condiciones de manufactura.

Debido a que los recursos son limitados, es muy importante recoger la mayor cantidad de información de cada uno de los experimentos que usted realice. Los experimentos bien diseñados pueden producir significativamente más información y, por lo general, requieren menos corridas que los experimentos aleatorios o no planificados. Además, un experimento bien diseñado garantizará que usted pueda evaluar los efectos que haya identificado como importantes. Por ejemplo, si usted cree que existe una interacción entre dos variables de entrada, asegúrese de incluir ambas variables en su diseño en lugar de hacer un experimento con "un factor a la vez". Una interacción ocurre cuando el efecto de una variable de entrada es influenciada por el nivel de otra variable de entrada.

Los experimentos diseñados se llevan a cabo generalmente en cuatro fases: planificación, exploración (también denominada caracterización del proceso),

optimización y verificación. Para los ejemplos de creación, análisis y graficación de diseños experimentales, véase Ejemplos de experimentos diseñados.

2.10.1. Planificación:

Planificar concienzudamente puede ayudar a evitar problemas que pueden tener lugar durante la ejecución del plan experimental. Por ejemplo, personal, disponibilidad del equipo, financiamiento y aspectos mecánicos de su sistema pueden afectar su capacidad para completar el experimento. Si su proyecto es de baja prioridad, quizá quiera llevar a cabo pequeños experimentos en secuencia. De esa manera, si no cuenta con los recursos para un proyecto de prioridad más alta, no tendrá que descartar los datos que ya haya recogido. Una vez que cuente con los recursos nuevamente, puede continuar con la experimentación.

La preparación necesaria antes del comienzo de la experimentación depende de su problema. Aquí encontrará algunos de los pasos a seguir:

- Definir el problema. Elaborar un buen enunciado para el problema le ayuda a asegurar que considera las variables correctas. En este paso, usted identifica las preguntas que desee responder.
- Definir el objetivo. Un objetivo bien definido le garantizará que el experimento responda a las preguntas apropiadas y que produzca información útil y práctica. En este paso, usted define los objetivos del experimento.
- Desarrollar un plan experimental que ofrezca información significativa. Asegúrese de revisar información previa relevante; tales como, principios teóricos y conocimiento adquirido durante la observación o experimentación previa. Por ejemplo, quizá necesite identificar cuáles factores o qué condiciones del proceso afectan el desarrollo y la variabilidad del proceso. O, si el proceso ya ha sido establecido y los factores influyentes ya

identificados, quizá desee determinar las condiciones para un proceso óptimo.

- Asegurarse de que el proceso y los sistemas de medidas están bajo control. Idealmente, tanto el proceso como las medidas deberían estar bajo control estadístico y medido por un sistema en funcionamiento de control estadístico de proceso (SPC). Incluso si no tiene el proceso completamente bajo control, usted deberá estar en la capacidad de reproducir la configuración del proceso. También necesita determinar la variabilidad en el sistema de medidas. Si la variabilidad es mayor que la diferencia/efecto que usted considera importante, la experimentación no producirá resultados útiles.

2.10.2. Exploración

En muchos casos de desarrollo de procesos y manufactura, las variables potencialmente influyentes son numerosas. La exploración reduce el número de variables al identificar las variables claves que afectan la calidad del producto. Esta reducción permite concentrar los esfuerzos de mejoramiento del proceso en las variables realmente importantes, o en los "pocos vitales." La exploración también puede sugerir la "mejor" configuración o la configuración óptima para estos factores e indicar si existe o no una curvatura en las respuestas. Luego, usted puede utilizar los métodos de optimización para determinar la mejor configuración y definir la naturaleza de la curvatura. Los siguientes métodos se utilizan con frecuencia para la exploración:

- Diseños completo de dos niveles y factorial fraccionado - Se utilizan ampliamente en la industria
- Diseños de Plackett-Burman - Tienen baja resolución, pero su utilidad en experimentos de exploración y pruebas de robustez es ampliamente reconocida

- Diseños factorial completo general (diseños con más de dos niveles) - También pueden ser útiles para los experimentos de exploración pequeños

2.10.3. Optimización

Luego de haber identificado los "pocos vitales" con la exploración, usted necesita determinar los "mejores" valores o valores óptimos para estos factores experimentales. Los valores óptimos de los factores dependen del objetivo del proceso. Por ejemplo, es probable que usted desee maximizar el rendimiento del proceso o reducir la variabilidad del producto.

- Revisión general de Diseños factoriales describe los métodos para diseñar y analizar diseños factoriales.
- Revisión general de Diseños de superficie de respuesta describe los métodos para diseñar y analizar los diseños compuesto central y de Box-Behnken.
- Revisión general de Diseños de Mezcla describe los métodos para diseñar y analizar los diseños de centroide simplex, reticular simplex y de vértices extremos. Los diseños de mezcla son un tipo especial de diseños de superficie de respuesta donde las proporciones de los componentes (factores), más que su magnitud, son importantes.
- Optimización de respuesta describe los métodos para optimizar múltiples respuestas.
- Revisión general de Diseños de Taguchi describe los métodos para analizar los diseños Taguchi. Los diseños de Taguchi también se conocen con el nombre de diseños de arreglo ortogonal, diseños robustos o diseños de arreglo interno-externo. Estos diseños se utilizan para crear productos que son robustos a las condiciones de su ambiente de operación previsto.

2.10.4. Verificación

La verificación implica realizar un experimento de seguimiento en las "mejores" condiciones de procesamiento pronosticadas para confirmar los resultados de la optimización. Por ejemplo, usted puede efectuar algunas corridas de verificación con la configuración óptima y luego obtener un intervalo de confianza para la respuesta media.

2.11. ANALISIS DE REGRESION

Genera una ecuación para describir la relación estadística entre uno o más predictores y la variable de respuesta y para predecir nuevas observaciones. La regresión generalmente utiliza el método de mínimos cuadrados ordinarios, del cual se obtiene la ecuación al minimizar la suma de los residuos cuadrados.

Los resultados de regresión indican la dirección, el tamaño y la significancia estadística de la relación entre un predictor y una respuesta.

- El signo de cada coeficiente indica la dirección de la relación.
- Los coeficientes representan el cambio de la media en la respuesta para una unidad de cambio en el predictor mientras mantiene constantes otros predictores en el modelo.
- El valor p de cada coeficiente prueba la hipótesis nula de que el coeficiente es igual a cero (no tiene efecto). Por lo tanto, los valores p bajos sugieren que el predictor es una adición significativa a su modelo.
- La ecuación predice nuevas observaciones dados valores predictores específicos.

2.11.1 Regresión lineal simple

Tiene como objeto estudiar cómo los cambios en una variable, no aleatoria, afectan a una variable aleatoria, en el caso de existir una relación funcional entre

ambas variables que puede ser establecida por una expresión lineal, es decir, su representación gráfica es una línea recta. Cuando la relación lineal concierne al valor medio o esperado de la variable aleatoria, estamos ante un modelo de regresión lineal simple. La respuesta aleatoria al valor x de la variable controlada se designa por Y_x y, según lo establecido, se tendrá

$$E(Y_x) = \mu_x = a + \beta x$$

Donde a y β son los coeficientes de regresión

De manera equivalente, otra formulación del modelo de regresión lineal simple sería: si x_i es un valor de la variable predictora de Y_i la variable respuesta que le corresponde, entonces

$$Y_i = a + \beta x_i + E_i$$

Donde:

$$E_i = Y_i - (a + \beta x_i)$$

E_i es el error o desviación aleatoria de Y_i .

2.11.2 Regresión lineal múltiple

Estos son similares a los modelos de regresión lineal simple, excepto que contienen más términos y pueden servir relaciones más complejas que una línea recta. Incluyen más de un término. Un modelo de regresión múltiple se expresa de manera general como:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \cdots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i$$

Donde

Y_i es la i -ésima observación de la variable aleatoria dependiente.

X_{i1}, \dots, X_{ik} son las i -ésimas observaciones de las variables fijas independientes.

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ son los llamados coeficientes de regresión.

ε_i es la variable aleatoria error que se supone que tiene $E(\varepsilon_i) = 0$ y $V(\varepsilon) = \sigma^2$ y que los errores son no correlacionados.

Algunos otro modelos como

$$(2) Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i1}^2 + \beta_3 X_{i1}^3 + \varepsilon_i$$

$$(3) Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \beta_{12} X_{i1} X_{i2} + \varepsilon_i$$

Estos modelos se pueden expresar de la forma general de un modelo de regresión múltiple dada en (1). El modelo (2) se puede expresar como el modelo (1) haciendo $X_{i1}^2 = X_{i2}$ y $X_{i1}^3 = X_{i3}$. De igual manera el modelo (3), haciendo $X_{i1} X_{i2} = X_{i3}$.

2.12 CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO

Uso de técnicas estadísticas para analizar un proceso, a fin de supervisarlo, controlarlo y mejorarlo. El objetivo es tener un proceso estable, y uniforme que produzca el menor número posible de defectos

- Gráficas de control – realizan un seguimiento de las estadísticas de los procesos a lo largo del tiempo, a fin de detectar la presencia de variación por causas especiales
- Análisis de capacidad – determina si su proceso tiene capacidad; es decir, que satisface los límites de las especificaciones y produce piezas "satisfactorias"

La idea central del SPC consiste en controlar la variación, con el objetivo de evitar defectos en el producto. Existen dos clases de variación en cualquier proceso: causas comunes y causas especiales. Las causas comunes se refieren a ocurrencias que contribuyen a la variación natural de cualquier proceso. Las

causas especiales son ocurrencias inusuales que normalmente (o intencionalmente) no son parte del proceso. Aunque en cualquier proceso se produce cierto grado de variación por causas comunes, es importante identificar e intentar eliminar las causas especiales de variación.

2.13. EQUIPO SEIS SIGMA

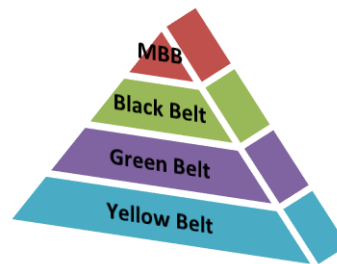


Figura 2.11. Capacidad de los diferentes actores de un programa 6 σ ¹⁵



Figura 2.12. Funciones de los diferentes actores de un programa 6 σ ¹⁶

¹⁵ Fuente. Gutiérrez Pulido Humberto, De la Vara Salazar Román. Control Estadístico De Calidad Y Seis Sigma. Segunda edición. Mc Graw – Hill, 2009. 475 P. ISBN 978-10-4724-9.

CAPITULO 3: IMPLEMENTACION PROYECTO SEIS SIGMA

Metodología de implementación de un modelo para el mejoramiento de la productividad y competitividad de la línea de comedor Houston en la Empresa Arte & Estilo Julio.

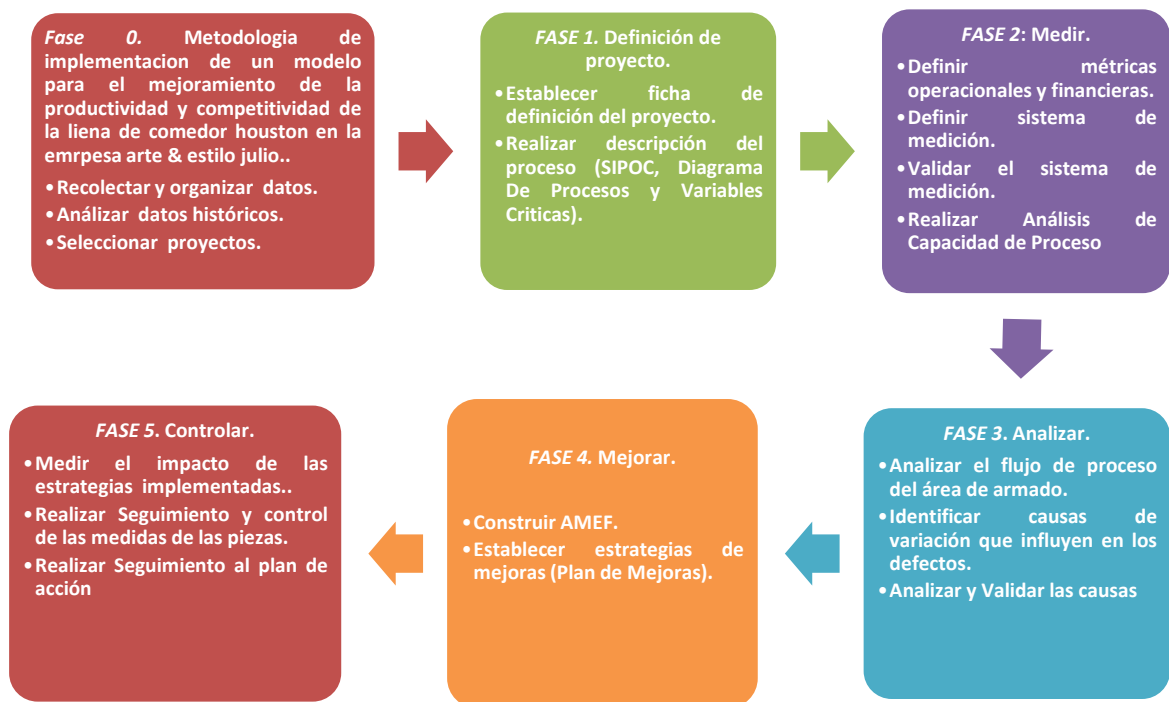


Figura 3.1 Fases de implementación 6 sigma¹⁷

¹⁶ Fuente. Gutiérrez Pulido Humberto, De la Vara Salazar Román. Control Estadístico De Calidad Y Seis Sigma. Segunda edición. Mc Graw – Hill, 2009. 475 P. ISBN 978-10-4724-9.

¹⁷ Fuente: FELIZZOLA, Heriberto; Introducción a seis sigma” Conceptos, Curso de Ingeniería de la Calidad, Universidad de la Costa CUC, Barranquilla - Colombia 2012

3.1. FASE 0 METODOLOGIA DE IMPLEMENTACION DE UN MODELO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DE LA LIENA DE COMEDOR HOUSTON EN LA EMRPESA ARTE & ESTILO JULIO.

Para detectar los problemas a los cuales afectaban directamente la productividad de la empresa se analizo el proceso bajo datos históricos establecidos en la empresa por el inspector de calidad, y las necesidades de los clientes durante un periodo determinado en el cual se lograron identificar y verificar los factores para así controlarlos.

3.1.1 Recolección de datos.

Arte & estilo julio, tiene como objetivo brindar productos de calidad y es obvio que para cualquier empresa es muy importante lo que significa los costes de no calidad es por ello que se hace necesario identificar mediante los datos de inspecciones realizadas desde septiembre 2012 y verificaciones y toma de muestras para diseños de experimentos hasta Febrero del 2013, clasificados dentro de un formato donde se clarifica el reprocesamiento y el tipo de defecto presentado

No. Lote	Tamaño de Lote	Devoluciones
1	48	7
2	20	4
3	38	7
4	30	5
5	28	4
6	10	2
7	45	5
8	15	2
9	20	4
10	16	3
11	9	2

12	4	1
13	38	5
14	19	3
15	28	4
16	6	1
17	20	4
18	20	4
19	23	3
20	30	3
21	10	2
22	19	3
23	13	2
24	34	5
25	8	2
26	20	2
27	20	4
28	8	2
29	18	3
30	8	2
31	13	3
32	8	2
33	20	3
34	8	2
35	19	3
36	30	5

Tabla 3.1 Recolección de datos¹⁸

3.1.2 Análisis de datos.

Con los datos organizados y en estructuras de hojas de cálculo se puede hacer uso de las herramientas estadísticas con las cuales notaremos en diagramas los problemas más significantivos dentro del proceso, mediante el diagrama de Pareto identificaremos los problemas “poco vitales” y “muchos triviales”.

¹⁸ Fuente: Elaborada por autores

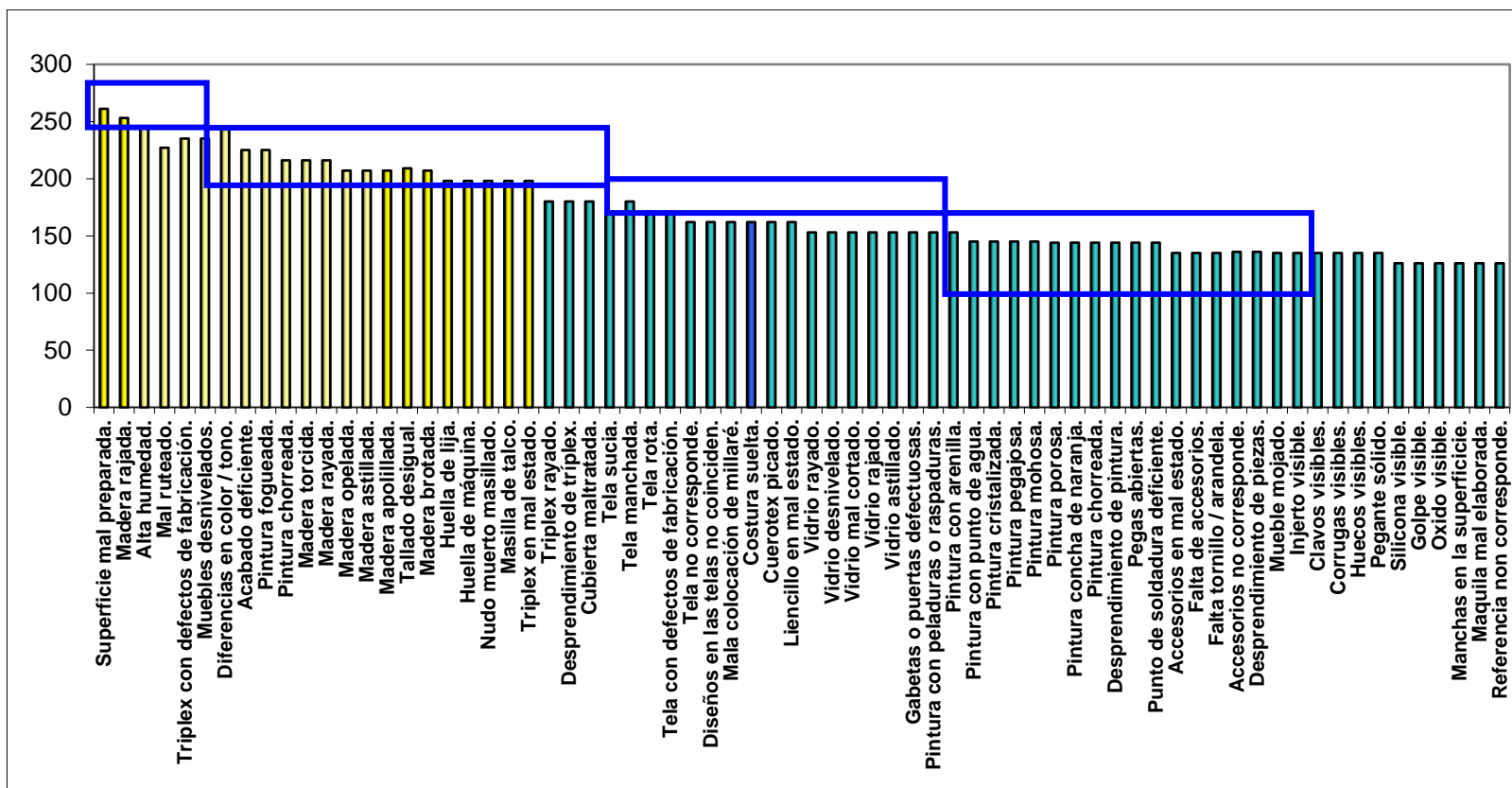


Figura3.2 Diagrama de Pareto por causales ¹⁹

¹⁹ Fuente: Elaborado por autores en WinQSB

Las principales causas con respecto al anterior grafico de Pareto son:

Causa	Descripción
Superficie mal preparada.	A pesar de contar con un área de preparación al momento de realizar la inspección de calidad del producto, se identifican no conformidades correspondientes al trabajo en esta área.
Madera rajada.	Aún teniendo una inspección y control al momento de recibir y procesar la madera en los diferentes puntos del ciclo productivo, al punto de control de calidad llegan productos con este tipo de no conformidad.
Alta humedad.	La madera una vez recibida y cortadas en unidades más prácticas de manejar es trasladada a los hornos donde la humedad se lleva a 12 para su mejor rendimiento, manejo y durabilidad, entre otras características.

Tabla 3.2 Principales causales del grafico de Pareto²⁰

En este paso definimos las bases del proyecto, lo que hace que se le dé la finalidad y la estructura mostrando en esta fase cual es la fundamentación, lo que se desea trabajar y los beneficios esperados, el alcance del proyecto, los recursos disponibles, el equipo de trabajo, las métricas operacionales y financieras siendo estas lo que determinara la eficiencia de los resultados del proyecto. Como primera medida se identifica el tipo bajo una selección rigurosa según los datos de mejora después de la identificación del problema, que para este trabajamos bajo las variables que definirían mi problema que son los mucho vitales y poco vitales lo que me permitirá establecer porcentajes dentro el punto de inspección de

²⁰ Fuente: Elaborado por autores

calidad disminuir el porcentaje de defectos por pieza de referencia HOUSTON inspeccionada para los parámetros de la metodología lean 6 sigma.

3.2. FASE 1- DEFINICION DEL PROYECTO

3.2.1. Ficha Técnica

Se hace el esquema de una ficha técnica que orientara la importancia y necesidades a intervenir dentro del proceso productivo de Arte & Estilo julio.

MARCO DEL PROYECTO SEIS SIGMA	FECHA: 23 DE AGOSTO 2012
Título/Propósito: Identificación y reducción de las variables que afecta los muebles para el hogar de referencia Houston producidos por la empresa Arte y Estilo julio de la ciudad de Barranquilla.	
Declaración del problema: Arte y Estilo julio es una empresa productora de muebles para el hogar a base de madera Roble, Mdf y triplex. Cuya calidad y satisfacción de los clientes se garantiza por medio de la inspección al 100% de los muebles por parte de los mismos clientes que son MUEBLES JAMAR. Actualmente en el proceso se presentan numerables defectos que entorpecen el flujo de la producción y generan altos costos por devoluciones. Desde hace algunos años los defectos han presentado una tendencia decreciente por diversos procesos de mejoramientos implementados en el siendo estos defectos equivalentes a 7,60 por unidad por lo que el impacto del beneficio económico estimado para la compañía con la implementación del proyecto es de 10% de la totalidad de costos por devolución, es decir 2830 por silla equivalente a 2.240.000 mensuales	
Objetivo Disminuir las devoluciones internas por concepto de calidad del producto final en la empresa Artes y Estilo mediante la filosofía Seis Sigma.	
Alcance: Este proyecto tiene como finalidad establecer las causas del problema, minimizarlos o eliminarlos y crear alternativas que mejoren la productividad de la empresa.	
Equipo= Champion: Jose Lopez (inspector); Black Belt: Ing.. Carlos Alberto bocanegra; Green Belt: Melissa Pérez y Lady Plata.	
Recursos/ Áreas de trabajo en la empresa: Área preparación de superficie y Área de pintura	
Impacto Para El Cliente: Es de suma importancia para JAMAR como cliente mayoritario de la organización mantener las políticas de calidad que utiliza para aceptar la venta de uno de los productos ofertados por la organización Arte y Estilo julio, puesto que el cliente final de dicha distribuidora mantiene sus exigencias bajo la calidad que está acostumbrado y garantiza por	

políticas organizacionales, manteniendo así la competitividad de las dos organizaciones.
Impacto Para La Compañía: Artes y Estilo julio ha venido modificando el proceso productivo con la finalidad de reducir los costos de las ocurrencias de los defectos dentro de cada pieza de producto terminado y de las devoluciones de servicio.la principal finalidad es que dichas devoluciones identificadas se reduzcan al menos en un 10% el cual le podría significar a la empresa recoger \$2.830 por silla fabricada 2.240.000 mensuales.
Métricas Operacionales: Cantidad de unidades defectuosas obtenidas en la inspección 1
Métricas financieras: Costo de reparar una pieza por defecto.
Tipo de Proyecto: Problema (Reportes de devolución frecuente)

Tabla 3.3 Ficha Técnica Proceso Seis sigma²¹

3.2.2 Definición de los CTS.

CTS	Cientes	CTC	CTQ	CTD
Acabado de superficie	Muebles Jamar		x	
Uniones de la piezas	Muebles Jamar		x	
Color del mueble	Muebles Jamar		x	
Pintura	Muebles Jamar		x	
Resistencia del mueble	Cliente final		x	x
Tiempo de entrega del producto final	Cliente final			x
Ensambls accesorios	Muebles Jamar		x	
Cojinería	Muebles Jamar		x	

Tabla 3.4. Críticos de Satisfacción²²

²¹ Fuente: Elaborado por autores.

²² Fuente: Elaborado por autores.

3.2.2.1. SIPOC

Es la herramienta de análisis que permite gráficamente identificar la definición del proceso de fabricación de las sillas de referencia Houston, a continuación se puede observar los proveedores, las entradas, salidas y su cliente final:

PROVEEDOR	ENTRADA	PROCESO	SÁLIDAS	CLIENTES
Madera	Herramientas de pintura	FABRICACIÓN MUEBLES DE MADERA	Producto final	Muebles Jamar-Cliente Final
Pinturas	Sellantes		Calidad final del producto	Cliente Final
Productos Químicos	Tinte		Características de calidad	Control de calidad
Accesorios	Tiner		Tiempo de procesamiento	Muebles Jamar-Cliente Final
Empaque plástico	Laca		Tiempo de entrega del producto final	Muebles Jamar-Cliente Final
Espumados	Espumados			
Tela	Accesorios metálicos			
Tela Sintética	Pegantes			
Cartón	Madera			
Cinta adhesiva	Herramientas de corte			
Vidrios	Telas			
	Material sintético			
	Macilla			
	Herramientas de pulido			
	Pintura			

Tabla 3.5. SIPOC²³

²³ Fuente: Elaborado por autores

3.2.3 Definición Del Proceso

3.2.3.1. Diagrama De Procesos

El diagrama de proceso es una estructura que esquemática que muestra cada una de las pautas que cumple la cadena productiva de la organización Arte & Estilo julio el cual describe el proceso al que se ve intervenido el roble hasta la salida del producto terminado para este caso las sillas. (Anexo 1)

3.2.3.2. Identificación de las variables críticas del proceso

Las variables críticas del proceso son aquellas que pueden causar diferenciaciones de un producto terminado a otro es por ellos que las variables críticas se identifican como las causales de las descompensaciones de la calidad que se pueden presentar en la intermediación del proceso con el material y se identifica como el efecto para la variable de respuesta

Entradas X's	Salidas Y's
Diseño de piezas.	Número y calidad de Piezas cortadas
Calidad herramientas de corte.	Niveles de desperdicios de materia prima.
Mantenimiento máquinas y herramientas de corte	Número y calidad de piezas con dimensiones estandarizadas.
Delimitación zonas de almacenamiento.	
Clasificación área de almacenamiento.	
Clasificación de productos almacenados.	
Equipos para manipulación y transporte.	
Calidad madera.	
Humedad relativa de la madera.	
Proceso fuera del estándar de corte.	
Transporte de materia prima.	
Insumos químicos adecuados.	
Niveles adecuados de materia prima.	
Conocimiento proceso de corte.	
Experiencia del operador de corte.	
Estandarización del proceso de corte.	

Tabla 3.6 Área / Proceso de corte²⁴

²⁴ Fuente: Elaborado por autores

Entradas X's
Selección de herramientas adecuadas.
Estandarización del proceso de armado.
Calidad insumos.
Insumo de ensamble/subensambles adecuados.
Niveles de inventarios adecuados para ensamble/subensambles.
Tiempo de secado pegante/adhesivo.
Proceso adecuado de pegado.
Conocimiento y experiencia del operario.
Calidad del pegante/adhesivo.
Inventario de Materia prima/insumos.
Falta de orden en el lugar de trabajo.
Niveles de temperatura.
Seguridad industrial/salud ocupacional en el proceso de armado.

Salidas Y's
Número y calidad de Piezas ensambladas.
Niveles de desperdicios de materia prima

Tabla 3.7 Área/ proceso de armado ²⁵

²⁵ Fuente: Elaborado por autores

Entradas X's
Estandarización herramientas de pulido.
Mantenimiento herramientas de pulido.
Calidad materia prima/insumos para pulido.
Tiempo de vida útil de los insumos para lijado.
Estandarización del proceso de lijado.
Capacitación y experiencia proceso de lijado.
Homogeneidad en las superficies lijadas.

Salidas Y's
Número y calidad Piezas pulidas.
Mejora en las dimensiones y calidad de las piezas.

Tabla 3.8 Área / Proceso De Pulido²⁶

²⁶ Fuente: Elaborado por autores

Entradas X's	Salidas Y's
Calidad de los insumos para preparación.	Cantidad de mueble mancillado.
Proceso de preparación.	Desperdicio de macilla y materiales
Homogeneidad en la consistencia de la macilla.	
Estandarización del Tiempo secado de macilla.	
Estandarización de las cantidades de insumo necesarios para preparación.	
Capacitación y experiencia operarios de preparación.	
Calidad y mantenimiento equipos para preparación.	
Calidad y mantenimiento equipos para preparación.	

Tabla 3.9 Área / Proceso De Preparación²⁷

²⁷ Fuente: Elaborado por autores

Entradas X's	Salidas Y's
Almacenamiento de tintas.	Mueble semi-pintado
Calidad de los tintes.	Acabado en superficie.
Cantidad de tinte utilizado.	Acabado en superficie.
Proceso inadecuado de aplicación del tinte.	Acabado en superficie.
Conocimiento y experiencia del operario.	
Programación y planeación de las operaciones de equipos de operación.	

Tabla 3.10 Área / Proceso De Tintillado²⁸

²⁸ Fuente: Elaborado por autores

Entradas X's	Salidas Y's
Almacenamiento de pintura.	Mueble con acabado final
Calidad pintura.	
Cantidad de pintura utilizada.	
Uniformidad en la aplicación de capas de pintura en superficie de productos.	
Mantenimiento equipos de pintura.	Calidad en la aplicación de pintura.
Programación del mantenimiento preventivo en los equipos y herramientas de pintura.	
Condiciones ambientales y locativas en la operación pintura.	
Seguridad industrial/salud ocupacional en el proceso de pintura.	
Combinación y/o mezclas de insumos en preparación de pintura.	
Capacitación y experiencia proceso de pintura.	

Tabla 3.11 Área / Proceso De Pintura²⁹

²⁹ Fuente: Elaborado por autores

Entradas X's	Salidas Y's
Niveles de la temperatura en los cuartos/cabinas de secado.	Calidad en la superficie del producto.
Tiempo ciclo de secado.	Niveles de humedad requeridos.
Condiciones de aislamiento cuartos/cabinas de secado.	
Niveles de luz en los cuartos/cabinas de secado.	Homogeneidad y calidad en el secado.
Mantenimiento de las pantallas de secado.	Homogeneidad y calidad en el secado.
Programa de mantenimiento de los cuartos/cabinas de secado.	Tiempos ciclos de secado estandarizados.

Tabla 3.12 Área / Proceso De Secado³⁰

Entradas X's	Salidas Y's
Piezas con acabado final	Unidades aceptadas/rechazada.
Inspección 100%	Devoluciones al departamento responsable del defecto.

Tabla 3.13 Área / Proceso De Inspección³¹

³⁰ Fuente: Elaborado por autores

³¹ Fuente: Elaborado por autores

Entradas X's	Salidas Y's
Proceso de empaque y embalaje.	Producto empacado y embalado.
Estandarización del proceso de empaque.	Uniformidad del proceso.
Condiciones ambientales en el proceso de embalaje.	
Material usado en el proceso de embalaje.	Protección del producto final.
Capacitación y experiencia operario en el proceso de empaque y embalaje.	
Almacenamiento adecuado del producto final en bodega.	Protección del producto final.

Tabla 3.14 Área / Proceso De Empaque Y Embalaje³²

Entradas X's	Salidas Y's
Unidades que forman el producto final.	Disposición del producto final en el medio de transporte.
Tiempo de despacho.	Tiempo de entrega oportuno a cliente.
Capacidad el transporte.	

Tabla 3.15 Área / Proceso De Despacho³³

³² Fuente: Elaborado por autores

³³ Fuente: Elaborado por autores

3.3. FASE 2 – MEDIR

3.3.1. Validación del sistema de medición

3.3.1.1. Análisis de concordancia de atributos

Teniendo en cuenta que en la empresa se presenta una inspección inicial para las sillas en las cual la mayor parte de estas presentan defectos, es decir que son catalogadas como sillas que no pasan. Además se puede decir que en la empresa hay un inspector de Muebles Jamar que representa el estándar en cuanto a las condiciones optimas de las sillas; así mismo hay otro inspector de jamar que aunque no represente el estándar debe tener los mismos criterios de rechazo, lo cual se desea comprobar por medio de un análisis de concordancia de atributos con las siguientes muestras.

Inicialmente para evaluar la uniformidad y exactitud de las calificaciones se tomo una muestra de 36 lotes de sillas Houston de tamaño variable:

No Lote	Tamaño Lote	de	Evaluador	Defectuosos	Criterio	Estándar
1	48	1	7		No Pasa	No Pasa
1	48	2	7		No Pasa	No Pasa
2	20	1	4		No Pasa	No Pasa
2	20	2	4		Pasa	No Pasa
3	38	1	7		No Pasa	No Pasa
3	38	2	7		No Pasa	No Pasa

4	30	1	5	No Pasa	No Pasa
4	30	2	5	No Pasa	No Pasa
5	28	1	4	No Pasa	No Pasa
5	28	2	4	Pasa	No Pasa
6	10	1	2	No Pasa	No Pasa
6	10	2	2	Pasa	No Pasa
7	45	1	5	No Pasa	No Pasa
7	45	2	5	No Pasa	No Pasa
8	15	1	2	No Pasa	No Pasa
8	15	2	2	Pasa	No Pasa
9	20	1	4	No Pasa	No Pasa
9	20	2	4	Pasa	No Pasa
10	16	1	3	No Pasa	No Pasa
10	16	2	3	Pasa	No Pasa
11	9	1	2	No Pasa	No Pasa
11	9	2	2	Pasa	No Pasa
12	4	1	1	No Pasa	No Pasa
12	4	2	1	Pasa	No Pasa
13	38	1	5	No Pasa	No Pasa

13	38	2	5	No Pasa	No Pasa
14	19	1	3	No Pasa	No Pasa
14	19	2	3	Pasa	No Pasa
15	28	1	4	No Pasa	No Pasa
15	28	2	4	Pasa	No Pasa
16	6	1	1	No Pasa	No Pasa
16	6	2	1	Pasa	No Pasa
17	20	1	4	No Pasa	No Pasa
17	20	2	4	Pasa	No Pasa
18	20	1	4	No Pasa	No Pasa
18	20	2	4	Pasa	No Pasa
19	23	1	3	No Pasa	No Pasa
19	23	2	3	Pasa	No Pasa
20	30	1	3	No Pasa	No Pasa
20	30	2	3	Pasa	No Pasa
21	10	1	2	No Pasa	No Pasa
21	10	2	2	Pasa	No Pasa
22	19	1	3	No Pasa	No Pasa
22	19	2	3	Pasa	No Pasa
23	13	1	2	No Pasa	No Pasa

23	13	2	2	Pasa	No Pasa
24	34	1	5	No Pasa	No Pasa
24	34	2	5	No Pasa	No Pasa
25	8	1	2	No Pasa	No Pasa
25	8	2	2	Pasa	No Pasa
26	20	1	2	No Pasa	No Pasa
26	20	2	2	Pasa	No Pasa
27	20	1	4	No Pasa	No Pasa
27	20	2	4	Pasa	No Pasa
28	8	1	2	No Pasa	No Pasa
28	8	2	2	Pasa	No Pasa
29	18	1	3	No Pasa	No Pasa
29	18	2	3	Pasa	No Pasa
30	8	1	2	No Pasa	No Pasa
30	8	2	2	Pasa	No Pasa
31	13	1	3	No Pasa	No Pasa
31	13	2	3	Pasa	No Pasa
32	8	1	2	No Pasa	No Pasa
32	8	2	2	Pasa	No Pasa
33	20	1	3	No Pasa	No Pasa

33	20	2	3	Pasa	No Pasa
34	8	1	2	No Pasa	No Pasa
34	8	2	2	Pasa	No Pasa
35	19	1	3	No Pasa	No Pasa
35	19	2	3	Pasa	No Pasa
36	30	1	5	No Pasa	No Pasa
36	30	2	5	No Pasa	No Pasa

Tabla 3.16 Recolección de datos

RESULTADOS ARROJADOS POR MINITAB V. 16

Análisis de concordancia de atributos para Respuesta

Cada evaluador vs. el estándar

Acuerdo de evaluación

Evaluador	No. de inspeccionados	No. de coincidencias	Porcentaje
1	36	36	100,00
2	36	7	19,44

Evaluador IC de 95%

1 (92,02. 100,00)

2 (8,19. 36,02)

No. de coincidencias: La estimación del evaluador a través las pruebas coincide con el estándar conocido.

Discrepancia en la evaluación

		# No			
		# Pasa /	Pasa /		
Evaluador	No Pasa	Porcentaje	Pasa	Porcentaje	No. de combinados
1	0	0,00	*	*	0
2	29	80,56	*	*	0

Evaluador Porcentaje

1 0,00

2 0,00

Pasa / No Pasa: Evaluaciones a través de ensayos = Pasa / estándar = No Pasa.

No Pasa / Pasa: Evaluaciones a través de ensayos = No Pasa / estándar = Pasa.

No. de combinados: Las evaluaciones de los ensayos no son idénticas.

Estadísticas Kappa de Fleiss

Evaluador	Respuesta	Kappa	Error estándar de Kappa	Z	P(vs > 0)
1	No Pasa	*	*	*	*
	Pasa	*	*	*	*
2	No Pasa	-0,674419	0,166667	-4,04651	1,0000
	Pasa	-0,674419	0,166667	-4,04651	1,0000

* No se puede calcular kappa cuando todas las muestras y respuestas de un ensayo(s) igualan el valor o ninguna de ellas iguala el valor.

Entre evaluadores

Acuerdo de evaluación

No. de inspeccionados	No. de coincidencias	Porcentaje	IC de 95%
36	7	19,44	(8,19. 36,02)

No. de coincidencias: Todas las estimaciones de los evaluadores coinciden entre sí.

Estadísticas Kappa de Fleiss

Respuesta	Kappa	Error estándar de Kappa	Z	P(vs > 0)
No Pasa	-0,674419	0,166667	-4,04651	1,0000
Pasa	-0,674419	0,166667	-4,04651	1,0000

Todos los evaluadores vs. el estándar

Acuerdo de evaluación

No. de inspeccionados	No. de coincidencias	Porcentaje	IC de 95%
36	7	19,44	(8,19. 36,02)

No. de coincidencias: Todas las estimaciones de los evaluadores coinciden con el estándar conocido.

Estadísticas Kappa de Fleiss

Respuesta Kappa Error estándar de Kappa Z P(vs > 0)

No Pasa	*		*	*	*
Pasa	*		*	*	*

* No se puede calcular kappa cuando todas las muestras y respuestas de un ensayo(s) igualan el valor o ninguna de ellas iguala el valor.

* NOTA * Ensayo individual por cada evaluador. No se ha graficado ningún porcentaje de concordancia de evaluación individual por evaluador.

ANÁLISIS

- Kappa de Fleiss:

Indica el grado de concordancia de evaluaciones nominales u ordinales realizadas por múltiples evaluadores cuando se evalúan las mismas muestras. Las estadísticas Kappa se utilizan comúnmente en aplicaciones de tabulación cruzada (tabla) y en análisis de concordancia de atributos.

Los valores de Kappa van de -1 a +1. Mientras más alto sea el valor de kappa, más fuerte será la concordancia.

Cuando:

- Kappa = 1, existe concordancia perfecta.
- Kappa = 0, la concordancia es la misma que se esperaría en virtud de las probabilidades
- Kappa < 0, la concordancia es más débil que lo esperado en virtud de las probabilidades; esto ocurre raramente.
- Comúnmente, se requiere un valor de kappa de por lo menos 0.70, pero se prefieren los valores de kappa cercanos a 0.90.

Cuando tenga calificaciones ordinales, tales como calificaciones de severidad de defectos en una escala del 1-5, los coeficientes de Kendall, los cuales toman en consideración el

orden, suelen ser una estadística más apropiada para evaluar asociaciones que el uso de kappa solamente.

Tabla 3.17 Análisis de resultados³⁴

EVALUADOR 1	EVALUADOR 2
La concordancia del evaluador respecto al estándar evidencia que el operario o evaluador 1 presenta un nivel de concordancia del 100%, y que de 36 lotes de sillas inspeccionadas (723 en total), este coincidió con el estándar en 36 veces.	La concordancia del evaluador respecto al estándar evidencia que el operario o evaluador 2 presenta un nivel de concordancia del 19%, y que de 36 lotes de sillas inspeccionadas (723 en total), este coincidió con el estándar en 7 veces.
La kappa de Fleiss (grado de concordancia entre evaluadores) equivale a - 0,674419, indica que la empresa debe mejorar el proceso en cuanto a los criterios.	
Debido a lo plateado anteriormente se puede decir que el sistema no muestra uniformidad, en el caso del este estudio como se evalúan datos de atributos en los que no se emplea un elemento de medición se debe buscar formas de comunicar el criterio optimo de revisión de cada lote para reducir el número de silla reprocesadas por defectos en la primera inspección	

³⁴ Fuente: Elaborado por autores

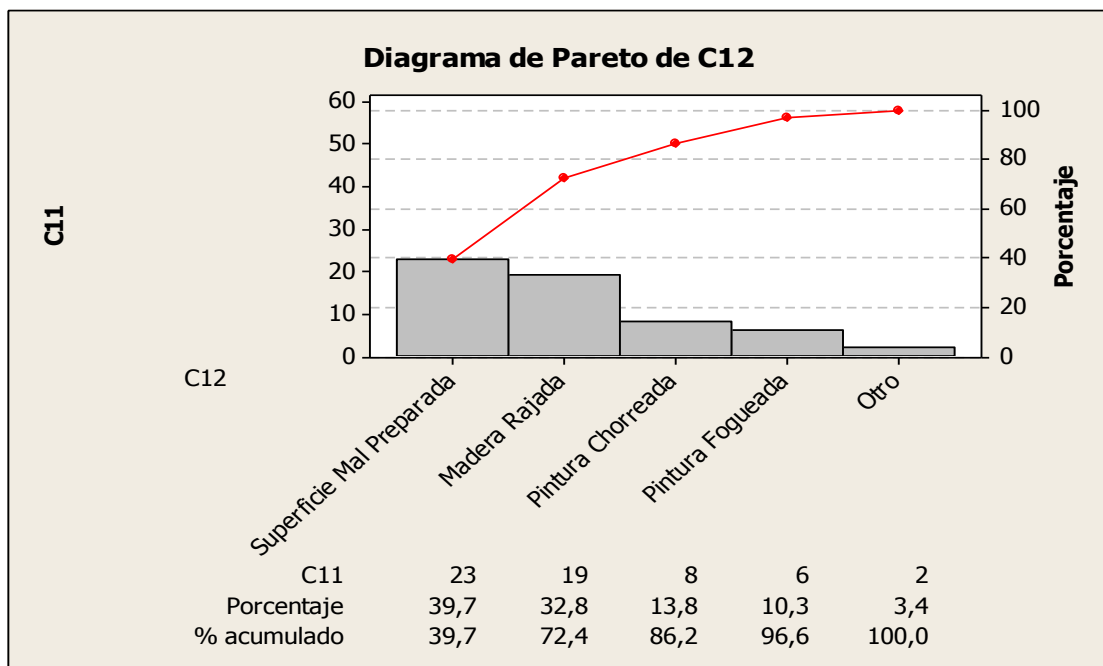


Figura 3.3 Diagrama de Pareto para validación del sistema de medición³⁵

3.3.2. Análisis Del Estado Actual Del Proceso

Previo al análisis de la capacidad del proceso se debe comprobar que los datos tenga un comportamiento según la distribución de Poisson, evaluando los datos se tiene que:

H₀: datos siguen una distribución de poisson

H_a: datos no siguen una distribución de poisson

³⁵ Fuente: Elaborado por autores en Minitab v 16.

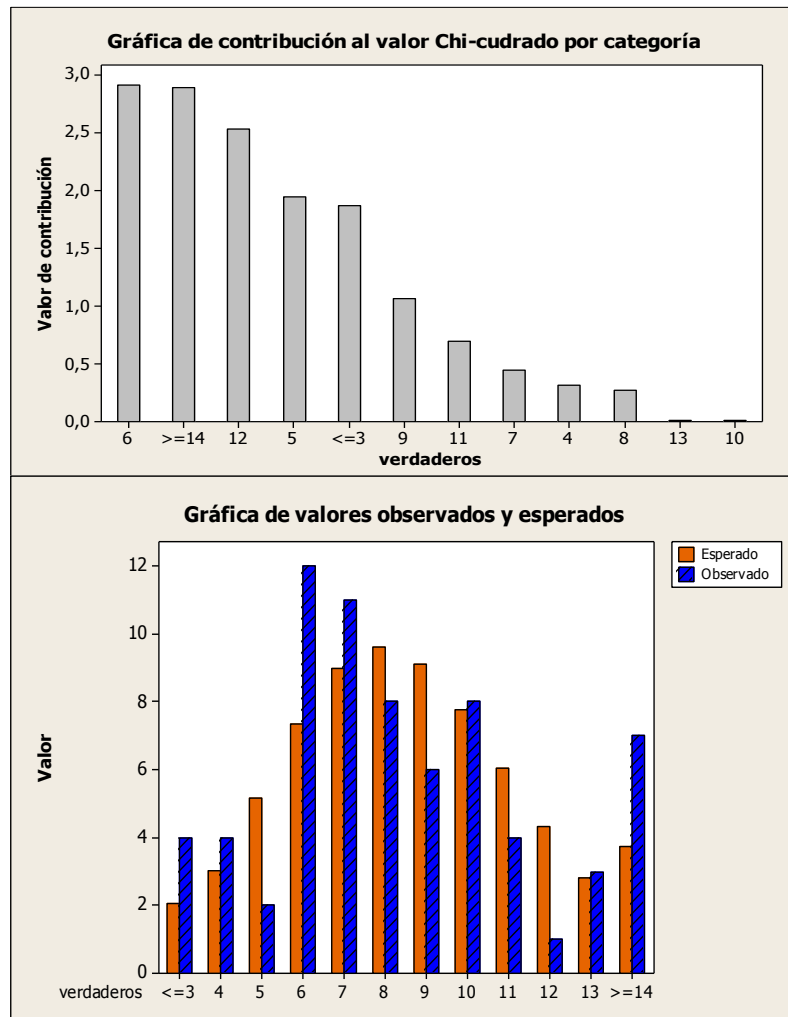


Figura 3.4 Prueba de bondad de ajuste para Poisson³⁶

³⁶ Fuente: Elaborado por autores en Minitab V 16.

RESULTADOS ARROJADOS POR MINITAB V. 16

Prueba de bondad de ajuste para distribución de Poisson

Columna Datos: C93

Media de Poisson para C93 = 8,54286

Probabilidad		Contribución		
C93	Observado	de Poisson	Esperado	a Chi-cuad.
<=3	4	0,029229	2,04602	1,86609
4	4	0,043260	3,02819	0,31187
5	2	0,073913	5,17389	1,94700
6	12	0,105238	7,36663	2,91424
7	11	0,128433	8,99029	0,44925
8	8	0,137148	9,60035	0,26677
9	6	0,130182	9,11271	1,06324
10	8	0,111212	7,78486	0,00595
11	4	0,086370	6,04590	0,69232
12	1	0,061487	4,30411	2,53644
13	3	0,040406	2,82841	0,01041
>=14	7	0,053123	3,71864	2,89549

N	N*	GL	Chi-cuad.	Valor P
70	2	10	14,9591	0,134

5 celdas (41,67%) con valores esperados menores que 5.

ANALISIS:

- De acuerdo a lo obtenido por Minitab se puede decir que los datos si tienen un comportamiento de acuerdo a la distribución de Poisson ya que el valor p para esta prueba fue de 0,134; el cual es mayor que el alfa con que se trabajo siendo de 0,05; por consiguiente no se rechaza la hipótesis nula

Ho: datos siguen una distribucion de poisson

3.3.2.1. ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE PROCESO

Para evaluar los supuestos de capacidad de proceso se estudio la siguiente muestra:

SILLAS	SUPER MAL PREPAR ADA	PINTUR A FOGUE ADA	DIFEREN CIAS EN COLOR	PINTURA CHORRE ADA	CUBIER TA MALTR A	MADERA APOLILLA DA	MADE RA RAJA DA	MADE RA RAYA DA	PINTURA CRISTALI ZADA	GOLP E VISIB LE	HUEC O VISIB LE	PINTURA CONCHA DE NARANJA	HUELLA DE LIJA	MASIL LA TALC O	PINTUR A CON ARENIL LA	TOTA L
1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
2	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
3	3	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
4	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
5	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
6	3	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
7	4	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
8	3	0	0	5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	10
9	3	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
10	1	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
11	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
12	4	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
13	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
14	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
15	3	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
16	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
17	4	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
18	4	2	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	10
19	8	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	11
20	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6

21	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
22	3	5	1	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	14
23	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
24	2	3	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
25	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
26	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
27	3	2	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	10
28	3	0	2	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	10
29	2	0	4	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3	0	0	11
30	0	0	9	2	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	15
31	0	2	4	5	1	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	16
32	1	1	3	2	0	0	1	0	0	0	3	0	1	1	0	13
33	2	0	8	1	0	0	0	0	0	0	1	0	4	2	0	18
34	3	1	10	1	0	0	1	0	0	0	4	0	3	1	0	24
35	1	1	4	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	10
36	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3
37	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	6
38	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6
39	2	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
40	0	0	4	5	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	13
41	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	7
42	3	0	3	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	11
43	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
44	4	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	7
45	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
46	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
47	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
48	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3

49	0	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
50	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
51	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	5
52	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4
53	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
54	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4
55	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
56	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4
57	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
58	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
59	3	0	3	1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	1	11
60	3	2	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	15
61	3	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
62	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	7
63	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	6
64	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
65	2	1	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	9
66	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	5
67	4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	6
68	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
69	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
70	3	0	5	2	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	14

Tabla 3.17 Defectos por unidad³⁷

³⁷ Fuente: Elaborado por autores

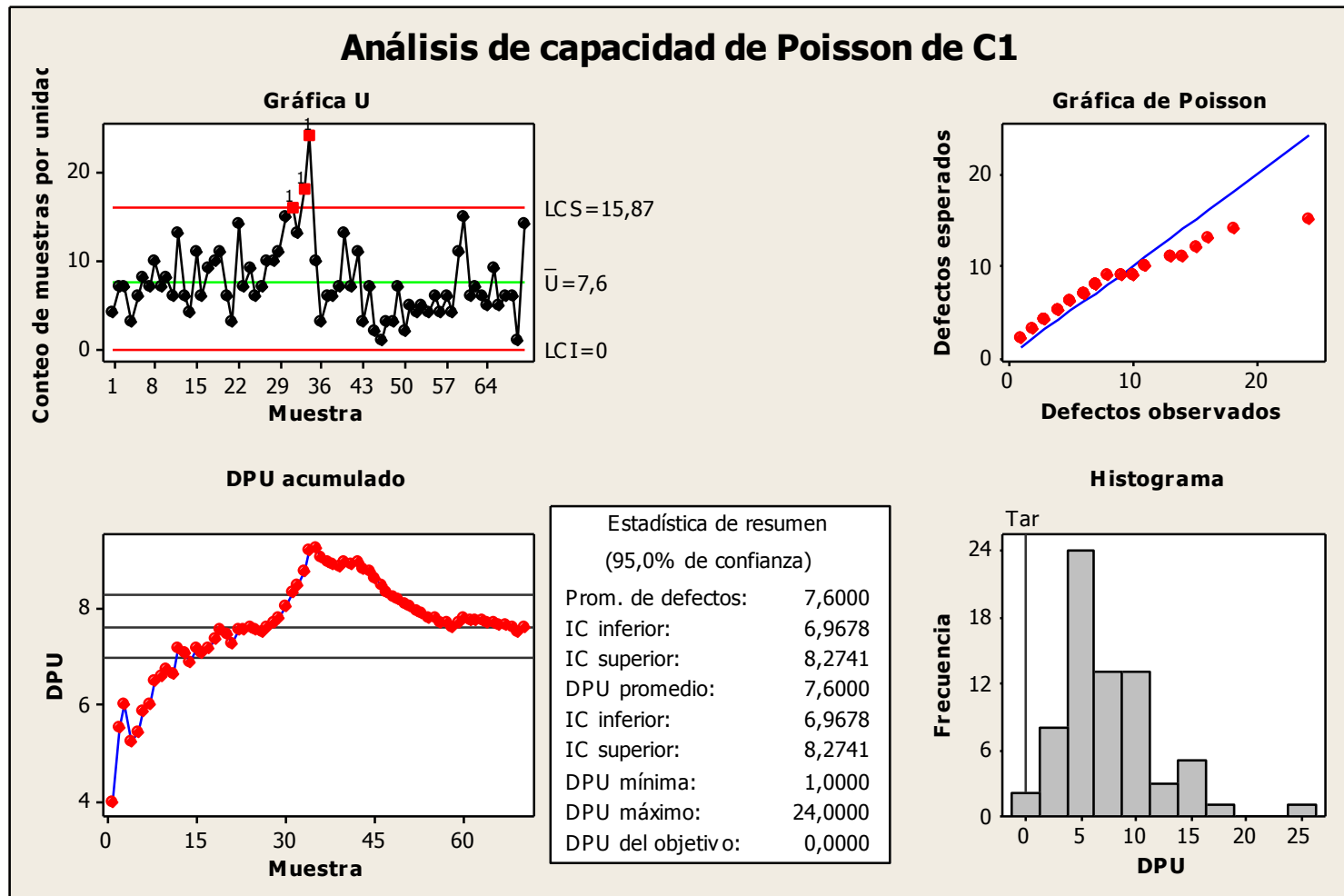


Figura 3.5 Análisis de Capacidad de Proceso Poisson³⁸

³⁸ Fuente: Elaborado por autores en Minitab V 16.

Grafica U	Grafica de Poisson
<p>La grafica de la carta U establece el comportamiento de los defectos por unidad encontradas en las sillas de los comedores Houston. Estos defectos presentan una distribución en la que no se evidencias patrones de comportamiento y se evidencia la aleatoriedad de los datos y lo más importante que el proceso se encuentra bajo control estadístico ya que aunque se presentan datos atípicos no se dan en una proporción que resulte significativa. Así mismo también muestra que para valores de muestras de defectos por unidad iguales a los tomados se tendrán entre 0 y 15,87 defectos con un promedio o media de 7,6 defectos por sillas.</p>	<p>Esta grafica muestra que los defectos por unidad siguen una distribución de Poisson ya que la mayor parte de los datos buscan alinearse.</p>
DPU Acumulado	Histograma
<p>La grafica DPU evidencia que la cantidad que la muestra de defectos por unidad de sillas tomados son suficientes para hacer inferencias sobre toda la población ya que luego de algunas observaciones se observa un aplanamiento de la línea graficada mostrando la estabilidad de las observaciones de defectos por unidad.</p>	<p>El histograma evidencia dicha distribución (Poisson) ya que presentan un sesgo a la izquierda.</p>

Tabla 3.18 Análisis de Grafica Capacidad de Procesos³⁹

³⁹ Fuente: Elaborado por autores

3.3.2.2. Métricas Seis Sigma

De acuerdo a los resultados obtenidos el valor de defectuosos por unidad (DPU promedio) es 7,6000 por lo que aplicando la fórmula de rendimiento para una distribución Poisson se puede decir que este es igual a:

$$\begin{aligned} Y &= e^{-DPU} \\ &= e^{-7,6000} \\ &= 0,000500451 \end{aligned}$$

Esto quiere decir que la probabilidad de que una silla no presente defectos es de 0,0500451%.

Para calcular los índices Z o nivel sigma del proceso se debe hallar la probabilidad acumulada de Y (rendimiento) que mediante el programa de Minitab (gráfica de probabilidad para una distribución Poisson) se obtuvo:

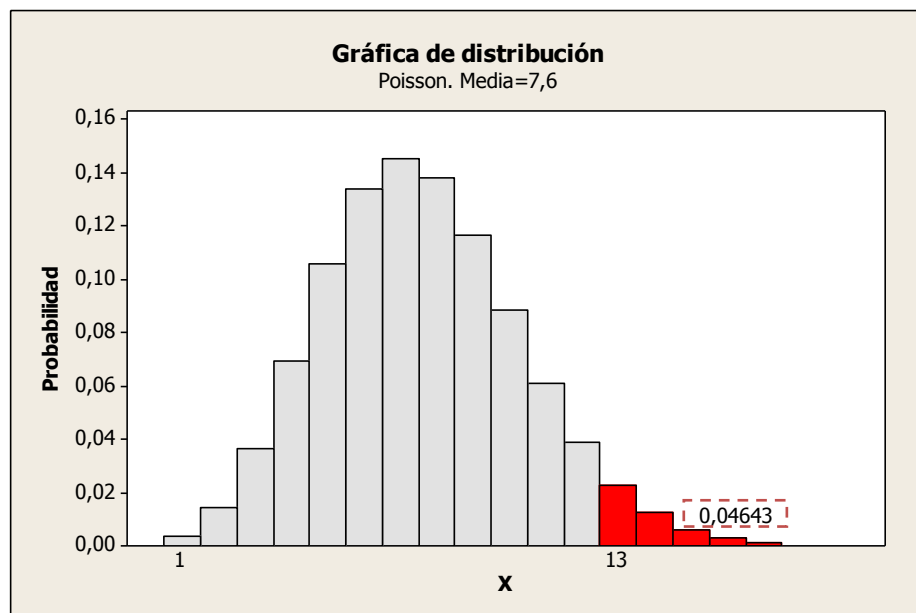


Figura 3.6 Gráfica de Distribución de Poisson⁴⁰

⁴⁰ Fuente: Elaborado por autores en Minitab V 16.

Esto quiere decir que el Z de largo plazo es 0,046443 y por lo tanto el Z de corto plazo es:

$$Z_c = Z_l + 1,5$$

$$= 0,046443 + 1,5$$

Nivel de sigma = **1,546443**

Nivel de probabilidad de rendimiento **1,54σ**. Por lo que el nivel sigma del proceso de fabricación de muebles está lejos de tener un proceso **6 σ**

3.4. FASE 3 - ANALIZAR

3.4.1. Identificación Las Causas Que Generan El Problema

3.4.1.1. Matriz Causa – Efecto

En esta matriz se puede observar todas las entradas que presenta el proceso con el fin de validar cada una de acuerdo a la importancia de los críticos de satisfacción del cliente y de esta manera identificar las causas que tienen mayor relevancia dentro del proceso

	1	2	3	
	Devoluciones en punto de control de calidad.	Calidad de las piezas y/o componentes del producto final.	Tiempo de entrega del producto final.	
IMPORTANCIA ASIGNADA POR CONTROL DE CALIDAD.	10	9	8	TOTAL.
ENTRADAS AL PROCESO.	FABRICACIÓN DE MUEBLES DE MADERA.			

		IMPORTANCIA DEL 1 - 10			
1	Superficie mal preparada.	10	10	9	262
2	Madera rajada.	10	9	9	253
3	Alta humedad.	10	8	9	244
4	Mal ruteado.	10	8	7	228
5	Triplex con defectos de fabricación.	9	8	9	234
6	Muebles desnivelados.	9	8	9	234
7	Diferencias en color / tono.	9	9	9	243
8	Acabado deficiente.	9	9	7	227
9	Pintura fogueada.	9	9	7	227
10	Pintura chorreada.	9	9	6	219
11	Madera torcida.	8	8	8	216
12	Madera rayada.	8	8	8	216
13	Madera opelada.	9	9	5	211
14	Madera astillada.	8	8	7	208
15	Madera apolillada.	8	8	7	208
16	Tallado desigual.	9	7	7	209
17	Madera brotada.	7	7	9	205
18	Huella de lija.	8	8	6	200
19	Huella de máquina.	8	8	6	200
20	Nudo muerto masillado.	8	8	6	200
21	Masilla de talco.	8	8	6	200
22	Triplex en mal estado.	8	8	6	200
23	Triplex rayado.	9	9	2	187
24	Desprendimiento de triplex.	9	9	2	187
25	Cubierta maltratada.	8	8	4	184
26	Tela sucia.	9	9	1	179
27	Tela manchada.	6	6	8	178
28	Tela rota.	7	7	5	173
29	Tela con defectos de fabricación.	7	7	5	173
30	Tela no corresponde.	8	8	2	168
31	Diseños en las telas no coinciden.	8	8	2	168
32	Mala colocación de millaré.	7	7	4	165
33	Costura suelta.	7	7	4	165
34	Cuerotex picado.	7	7	4	165
35	Liencillo en mal estado.	6	6	6	162
36	Vidrio rayado.	8	8	1	160
37	Vidrio desnivelado.	8	8	1	160
38	Vidrio mal cortado.	6	6	5	154
39	Vidrio rajado.	6	6	5	154

40	Vidrio astillado.	6	6	5	154
41	Gabetas o puertas defectuosas.	6	6	5	154
42	Pintura con peladuras o raspaduras.	6	6	5	154
43	Pintura con arenilla.	5	5	7	151
44	Pintura con punto de agua.	7	6	3	148
45	Pintura cristalizada.	7	6	3	148
46	Pintura pegajosa.	7	6	3	148
47	Pintura mohosa.	7	6	3	148
48	Pintura porosa.	6	6	4	146
49	Pintura concha de naranja.	6	6	4	146
50	Pintura chorreada.	5	5	6	143
51	Desprendimiento de pintura.	5	5	6	143
52	Pegas abiertas.	5	5	6	143
53	Punto de soldadura deficiente.	5	5	6	143
54	Accesorios en mal estado.	7	7	1	141
55	Falta de accesorios.	7	7	1	141
56	Falta tornillo / arandela.	7	7	1	141
57	Accesorios no corresponde.	7	6	2	140
58	Desprendimiento de piezas.	7	6	2	140
59	Mueble mojado.	6	6	3	138
60	Injerto visible.	5	5	5	135
61	Clavos visibles.	5	5	5	135
62	Corrugas visibles.	5	5	5	135
63	Huecos visibles.	5	5	5	135
64	Pegante sólido.	4	4	7	132
65	Silicona visible.	6	6	2	130
66	Golpe visible.	6	6	2	130
67	Oxido visible.	6	6	2	130
68	Manchas en la superficie.	5	5	4	127
69	Maquila mal elaborada.	5	5	4	127
70	Referencia non corresponde.	4	4	6	124
TOTAL		1750	1494	1200	

Tabla 3.19 Matriz Causa - Efecto ⁴¹

⁴¹ Fuente: Elaborado por autores

La matriz causa – efecto permitió identificar las causas que de acuerdo a las ponderaciones asignadas a las variables, generaron mayores devoluciones en el punto de control de calidad interno dentro de la empresa, evaluadas como variables de atributos, donde se identificó que los defectos de fabricación que tuvieron mayor relevancia fueron la superficie mal preparada, madera rajada, alta humedad, diferencias en color / tono, muebles desnivelados, triplex con defectos de fabricación.

3.4.1.2. Diseño de experimento

3.4.1.2.1. DOE (2 factores – 2 niveles)

El experimento consiste en medir el grado de humedad de unas muestras (piezas de madera) después de pasar por un proceso de secado después de un rango de días y temperaturas de la siguiente forma (el estándar de la madera a los 8 días aprox está entre 12 y 17 grados de humedad):

# DIAS	TEMPERATURAS							
	55°C				70°C			
6	34,6	35,8	28,6	29,8	13,2	14,1	15,3	14,7
	40,0	29,9	24,5	24,9	15,7	17,2	13,9	15,9
	29,9				16,1			
9	15,6	16,5	15,5	19,8	13,8	10,1	13,7	12,8
	18,4	14,1	20,8	15,5	16,7	13,8	12,1	14,8
	22,0				16,3			

Tabla 3.20 Datos diseño de experimentos⁴²

⁴² Fuente: Elaborado por autores

Para la realización del experimento se tuvieron en cuenta diversos aspectos como:

- Fue medido por una misma persona y con el mismo hidrómetro
- La persona que tomo el registro de los grados de humedad fue diferente a la que lo realizaba.
- Al salir del horno, se dejaba reposar las piezas de manera 5 minutos

Los factores no controlables fueron la temperatura y el grado de humedad ambiente

3.4.1.2.2. Factor De Diseño

Los factores del diseño son los que se seleccionan realmente para estudiarlos en el experimento. Los factores que se mantienen constantes son variables que pueden tener cierto efecto sobre la respuesta en este caso el experimentador puede hacer variar el factor de diseño que vendría siendo la temperatura del horno y la cantidad de días que permanece la pieza en él pues esta influiría significativamente en el grado de humedad de la madera.

3.4.1.2.3. Variable De Respuesta

Para selección involucra que debe tenerse la certeza de que dicha variable proporciona información útil acerca del proceso bajo estudio, es de vital importancia identificar los aspectos relacionados con la definición de las respuestas de interés, la variable de respuesta identificada es el grado de humedad de las piezas de madera que es la que proporciona la información clave y fundamental.

3.4.1.2.4. Numero De Tratamientos

El numero de tratamientos son las condiciones las cuales se comparan o se podría hacer referencia a la formulación de dos niveles de factor los tratamientos en este caso son 36.

3.4.1.2.5. Nivel Del Factor

Los niveles de un factor tratamiento son los tipos o grados específicos del factor que se tendrán en cuenta en la realización del experimento, en este caso son 2 niveles por factor, 55 y 70 grados de temperatura y entre 6 y 9 días dentro del horno

3.4.1.2.6. Numero De Replicas

Cantidad de veces que se repite el nivel en este caso 9 replicas

Nota: Teniendo en cuenta lo anterior el siguiente modelo se desea probar:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

- Para temperatura del horno

$$H_0 : \tau_1 + \tau_2 + \tau_3$$

$$H_A : alguna \neq 0$$

- Para días de secado

$$H_0 : \beta_1 + \beta_2 + \beta_3$$

$$H_A : alguna \neq 0$$

- Interacción

$$H_0 : \tau\beta_1 + \tau\beta_2 + \tau\beta_3$$

$$H_A : alguna \neq 0$$

Donde:

$a = \text{Numero de niveles del factor "temperatura del horno"}$

$b = \text{Numero de niveles del factor "dias de secado"}$

$n = \text{replicas}$

$N = a * b * n$

Desarrollo

$a = 2$

$b = 2$

$n = 9$

$N = 2 * 2 * 9 = 36$

$\alpha = 0,05$

La prueba de hipótesis se efectúa con la finalidad de determinar la normalidad de la población, con esta se puede saber si la población muestra se está comportando o no con normalidad

Ho: datos siguen una distribucion normal

Ha: datos no siguen una distribucion normal

3.4.1.3. SUPUESTOS ESTADISTICOS

- NORMALIDAD

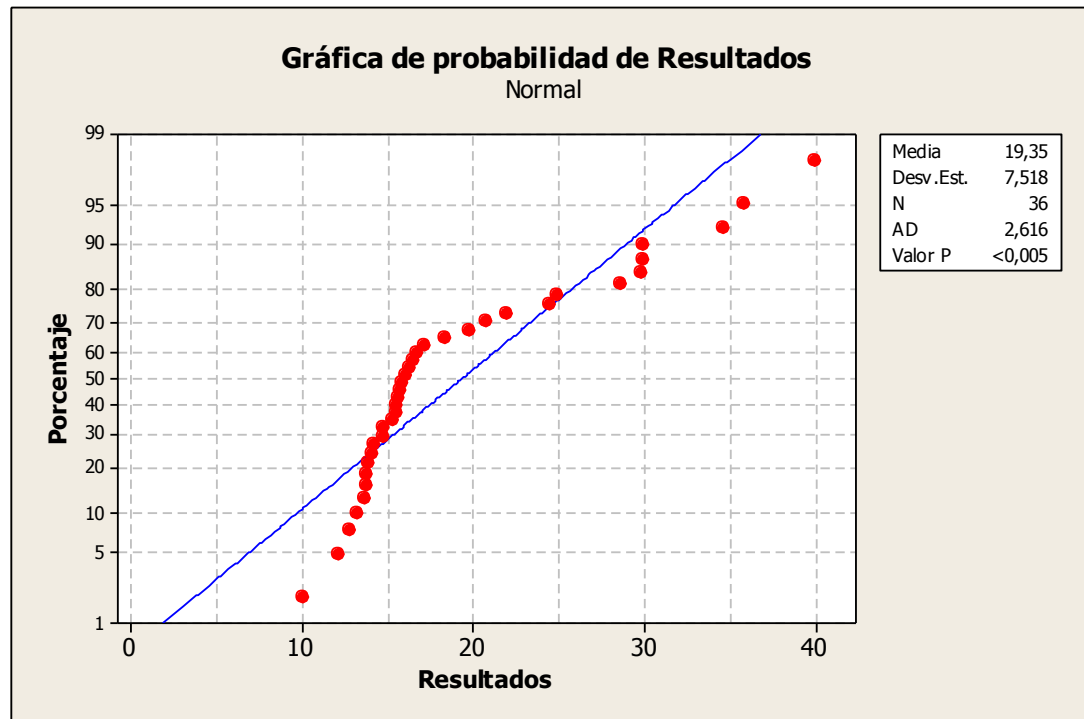


Figura 3.7 Grafica de Probabilidad, Prueba analítica⁴³

Para determinar si se rechaza o no, confrontamos el valor p que en este caso es de 0.005, con el estadístico de prueba que es 0.05 y mediante esta confrontación se determinara si se rechaza el supuesto de normalidad. Después de mirar los parámetros de rechazo mediante esta prueba de hipótesis podemos afirmar que la población muestral no se comporta normalmente.

⁴³ Fuente: Elaborado por autores en Minitab V 16.

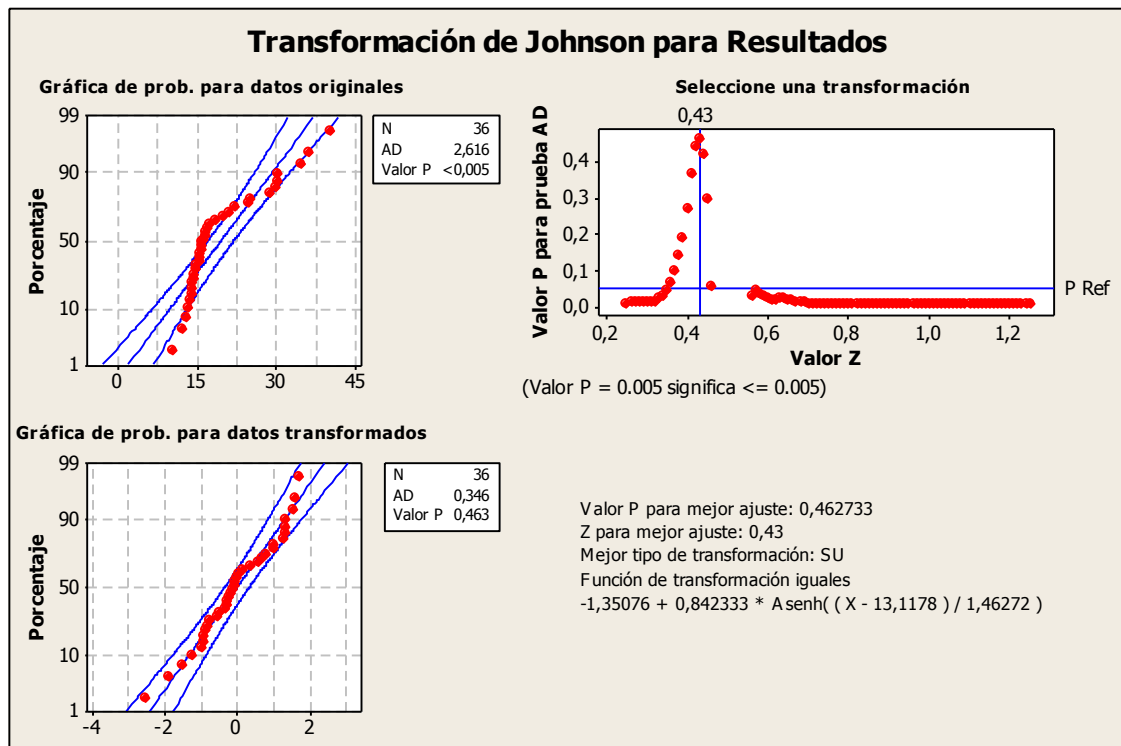


Figura 3.8 Transformación de Johnson para una distribución de Poisson⁴⁴

Después de confirmar que los datos no tienen un comportamiento normal se debe practicar una transformación de los datos, existen pruebas para transformar los datos y comprobar el supuesto de normalidad, en este caso se aplica la transformación de datos bajo la prueba Johnson, la cual permite transformar los datos de tal manera que se acomoden a una distribución normal, quien arroja para un mejor ajuste un p valor de 0.463 y poder afirmar que es mayor que el estadístico de prueba.

⁴⁴ Fuente: Elaborado por autores

- INDEPENDENCIA

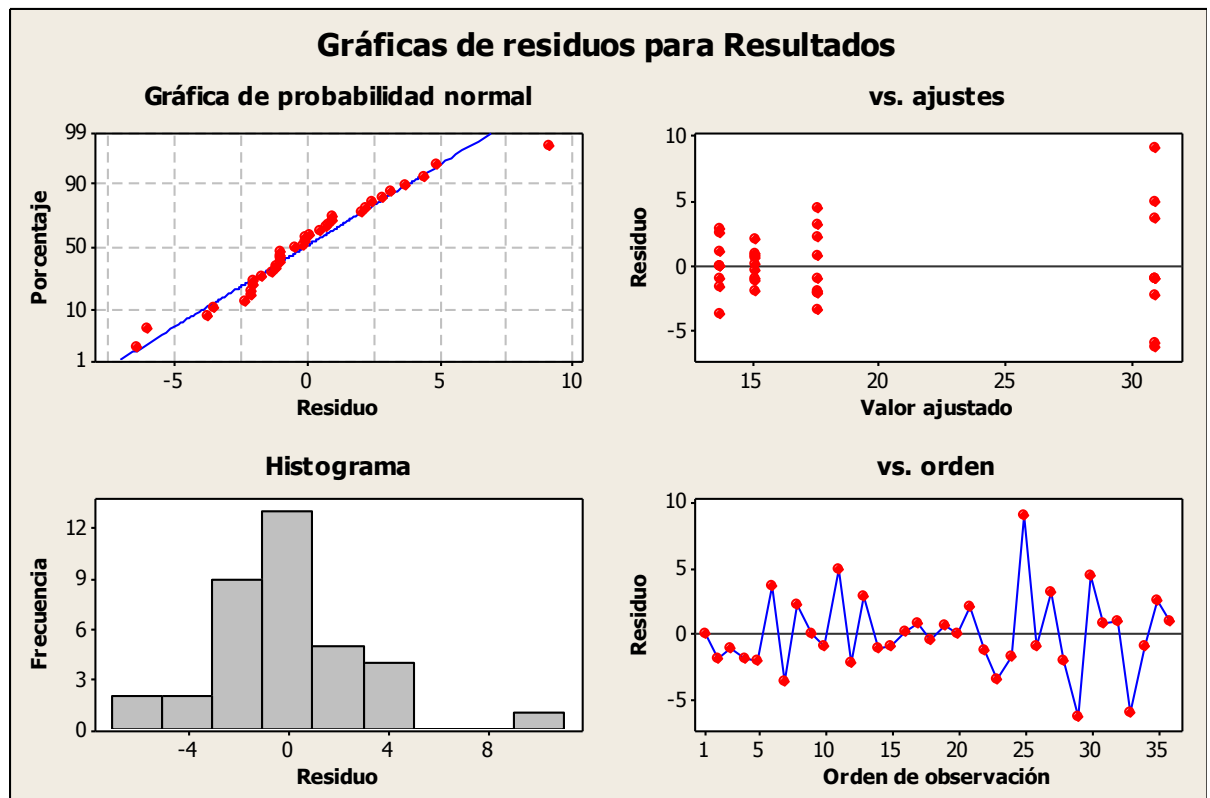


Figura 3.9 Grafica de Residuos⁴⁵

De acuerdo a la grafica obtenida se puede observar que los residuos con respecto al orden de las observaciones no presentan un patrón en su comportamiento, por lo cual, se puede afirmar que si se está cumpliendo el supuesto de independencia.

⁴⁵ Fuente: Elaborado por autores en Minitab V 16.

- HOMOCEDASTICIDAD

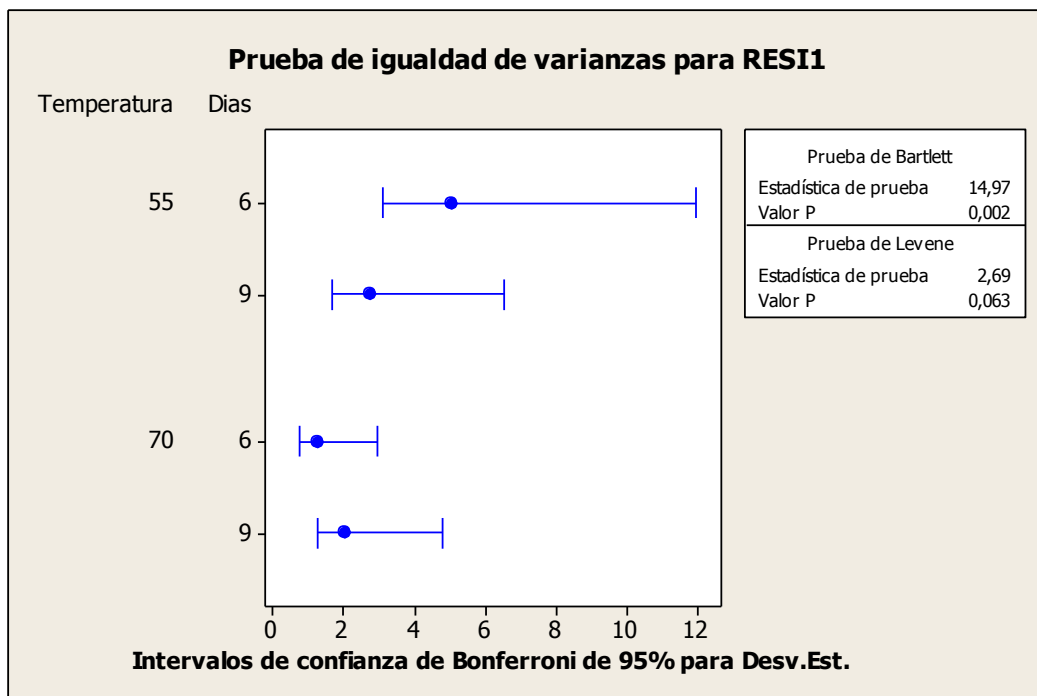


Figura 3.10 Prueba de varianzas iguales ⁴⁶

RESULTADOS ARROJADOR POR MINITAB V. 16

Prueba de varianzas iguales: RESI1 vs. Temperatura. Días

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

Temperatura	Días	N	Inferior	Desv.Est.	Superior
55	6	9	3,10527	5,07406	11,9846
55	9	9	1,69483	2,76938	6,5411
70	6	9	0,76376	1,24800	2,9477
70	9	9	1,24763	2,03865	4,8152

Prueba de Bartlett (distribución normal)

Estadística de prueba = 14,97. valor p = 0,002

Prueba de Levene (cualquier distribución continua)

Estadística de prueba = 2,69. valor p = 0,063

⁴⁶ Fuente: Elaborado por autores en Minitab V 16.

La prueba analítica para comprobar la Homocedasticidad en los datos se puede realizar a través de dos pruebas como la de Bartlett y la de Levene, donde el p valor para esta primera prueba fue de 0,002 y para la segunda de 0,063; sin embargo cabe aclarar que la prueba de Bartlett solo se usa cuando los datos si siguen una distribución normal, en cambio la de Levene se usa para cuando los datos no sigan dicha distribución; por consiguiente en este caso que en un principio se observo que los datos no seguían una distribución normal la prueba que se tomara en cuenta será la de Levene, pudiéndose afirmar que si existe Homocedasticidad, es decir, que la varianza de los errores aleatorios de los niveles de cada variable es igual, ya que el p valore de la de Levene es mayor que el alfa 0,05 con que se trabajo.

ANOVA de dos factores: Resultados vs. Temperatura. Días

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Temperatura	1	859,47	859,467	87,86	0,000
Dias	1	483,27	483,267	49,40	0,000
Interacción	1	322,20	322,202	32,94	0,000
Error	32	313,03	9,782		
Total	35	1977,97			

S = 3,128 R-cuad. = 84,17% R-cuad.(ajustado) = 82,69%

ICs de 95% individuales para la media
basados en Desv.Est. agrupada

Temperatura	Media	---+-----+-----+-----+-----		
55	24,2333	(---*---)		
70	14,4611	(---*---)		
		---+-----+-----+-----+-----		
	14,0	17,5	21,0	24,5

ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada

Dias	Media	-----+-----+-----+-----+-----		
6	23,0111	(-----*-----)		
9	15,6833	(-----*-----)		
		-----+-----+-----+-----+-----		
	15,0	18,0	21,0	24,0

Según los datos arrojados en los cuales se quiere estudiar la relación existente entre cada uno de los factores y los resultados, verificando mediante el valor p que para los 2 factores y su interacción confrontado con 0.05 como criterio de rechazo se verifica que existen relaciones y que la temperatura es muy significativa con respecto a la humedad con la que queda la madera y que los días de secado dentro el horno también son fundamentales para evitar mayor humedad en la madera y que se evidencie dentro el proceso productivo imperfectos como lo es la madera rajada

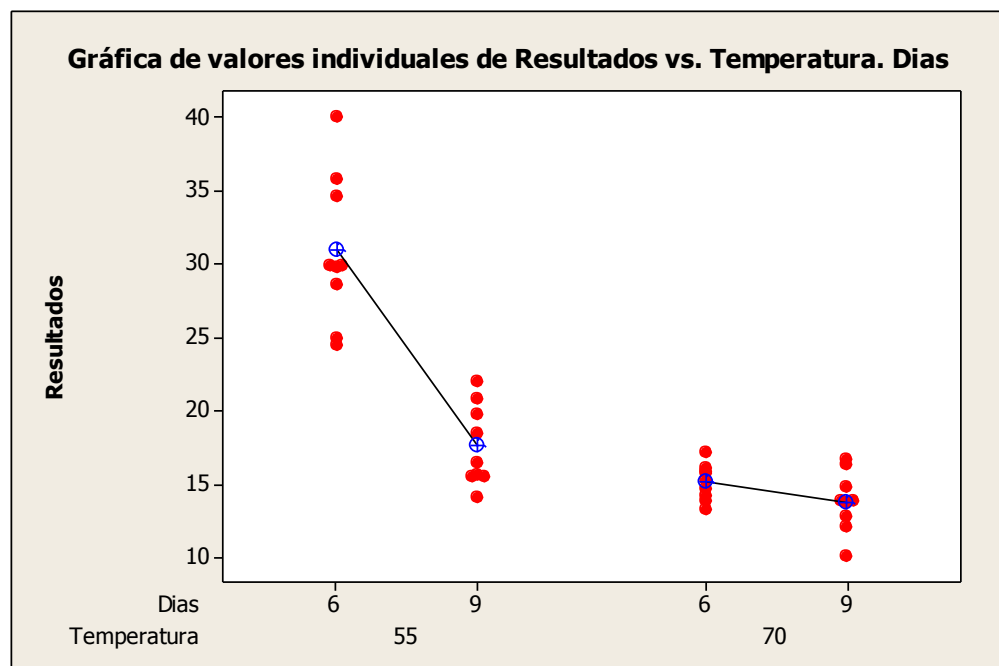


Figura 3.11 Grafica de valores individuales⁴⁷

Mediante la grafica de valores individuales se evidencia que para los días 6 y 9 hay mayor humedad, con una temperatura de 55° y es fácil de evidenciar que al paso de mas días la humedad de 30 pasa a mas o menos 16 y para una temperatura de 70° hay menos variación entre las medias y también de humedad con respecto a los días.

⁴⁷ Fuente: Elaborado por autores en Minitab V 16.

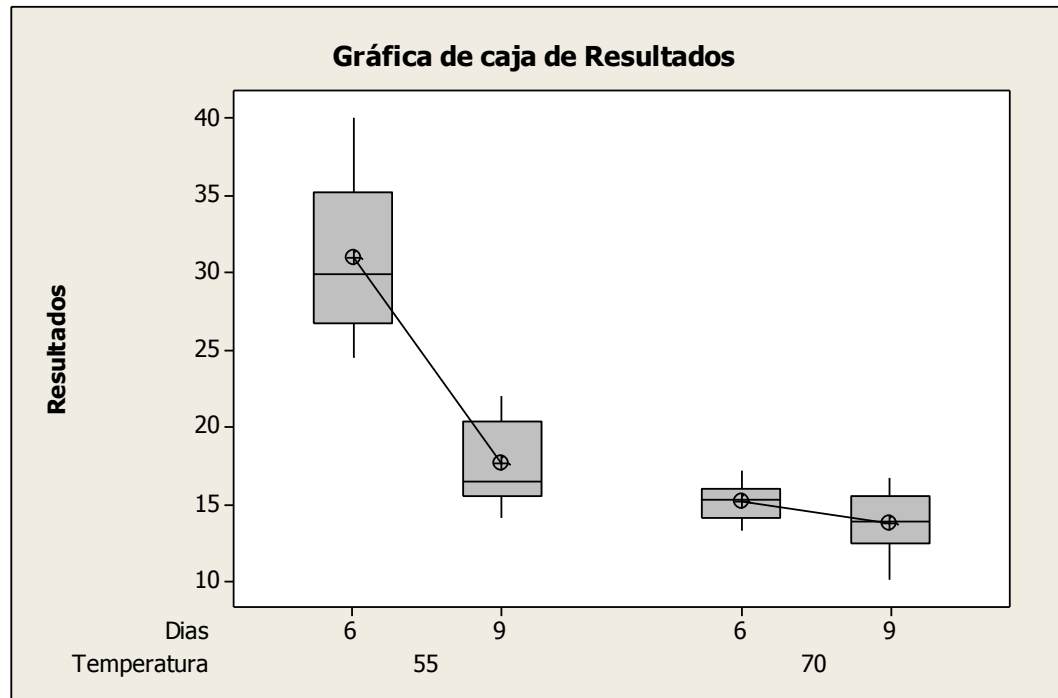


Figura 3.12 Grafico de Cajas⁴⁸

En la grafica de cajas de resultados, se identifica que no hay valores atípicos y que se encuentran dentro del parámetro de especificación (los límites de especificación) y al igual que la grafica de valores independientes se divisan mayores cambios de medias a una temperatura de 55° y que es menos variación a 70° .

⁴⁸ Fuente: Elaborado por autores en Minitab V 16.

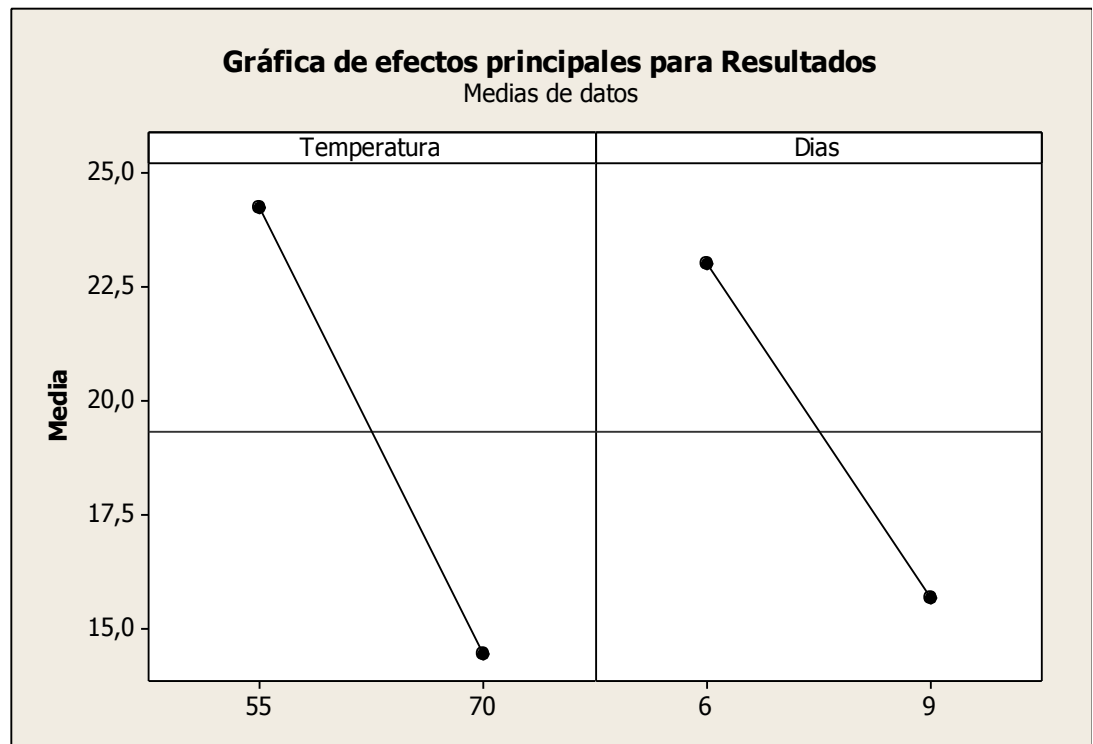


Figura 3.13 Grafica de efectos principales⁴⁹

Se puede notar la variación que existentes respecto a las temperaturas y los días que pasa la madera en el horno mostrándonos que a mayor temperatura y a más cantidad de días en los que la madera pasa en el horno el índice de humedad disminuye, es decir, podemos afirmar que es optimo manejar temperaturas de 70° con 9 días de secado para mantener una humedad menor en el material y así disminuir los imperfectos de madera rajada que se presentan en el producto terminado

⁴⁹ Fuente: Elaborado por autores en Minitab v 16.

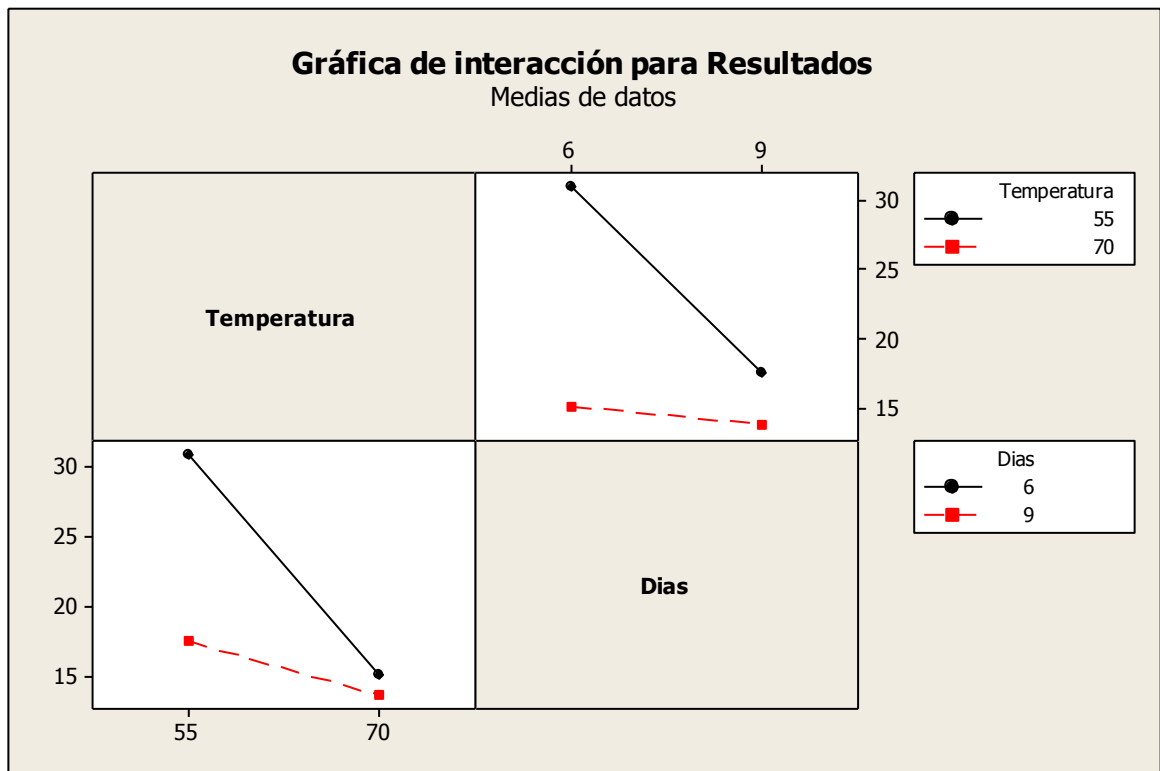


Figura 3.14 Grafica de interacciones⁵⁰

De acuerdo a lo observado en la grafica se puede decir que si existe interacción (significancia) entre los dos factores ya que no son paralelas entre si y si se prolongan aun mas las líneas se tendrá que en algún punto se tocan, para observar esto es necesario aumentar el número de muestras un poco más para comprobar gráficamente lo anterior dicho.

⁵⁰ Fuente: Elaborado por autores en Minitab V 16.

3.5. FASE 4 – MEJORAR

3.5.1. Identificar la relación entre las causas y el problema

3.5.1.1 Análisis de modo y efecto de fallo “AMEF”

Para realizar el análisis de modo y efecto de fallo, primero es necesario realizar la matriz causa-efecto con el fin identificar los factores que se encuentran dentro de la elaboración de una silla de comedor y al mismo tiempo definir los criterios de satisfacción del cliente, el cual en este caso es Jamar, a continuación se muestran los resultados obtenidos de la suma producto de la importancia del criterio por la influencia de los factores en estos:

	Requerimientos/Necesidades del cliente								Total
	CTS	Garantía	Presentación	Diseño	Acabado	Tiempo de despacho	Confort	Tipo de madera	
	Importancia	7	8	9	9	8	7	10	
Factores de la preparacion	Pintura	9	9	6	9	0	0	9	360
	Lijado	7	9	2	9	0	6	9	352
	Tapiceria	7	9	9	8	0	9	0	337
	Madera	9	8	7	8	0	2	9	366
	Costura	8	9	5	9	0	5	0	289
	Espuma	8	5	5	8	0	9	0	276
	Empaque	7	9	1	1	9	0	0	211
	Nivelacion	2	7	0	9	9	9	0	286

Tabla 3.21 Requerimientos del cliente⁵¹

⁵¹ Fuente: Elaborado por autores

3.5.1.2. DIAGRAMA DE PARETO

A continuacion se muestran por medio de un diagrama de pareto los factores de elaboracion que se deben estudiar ya que estos son los que presentan mayor relevancia:

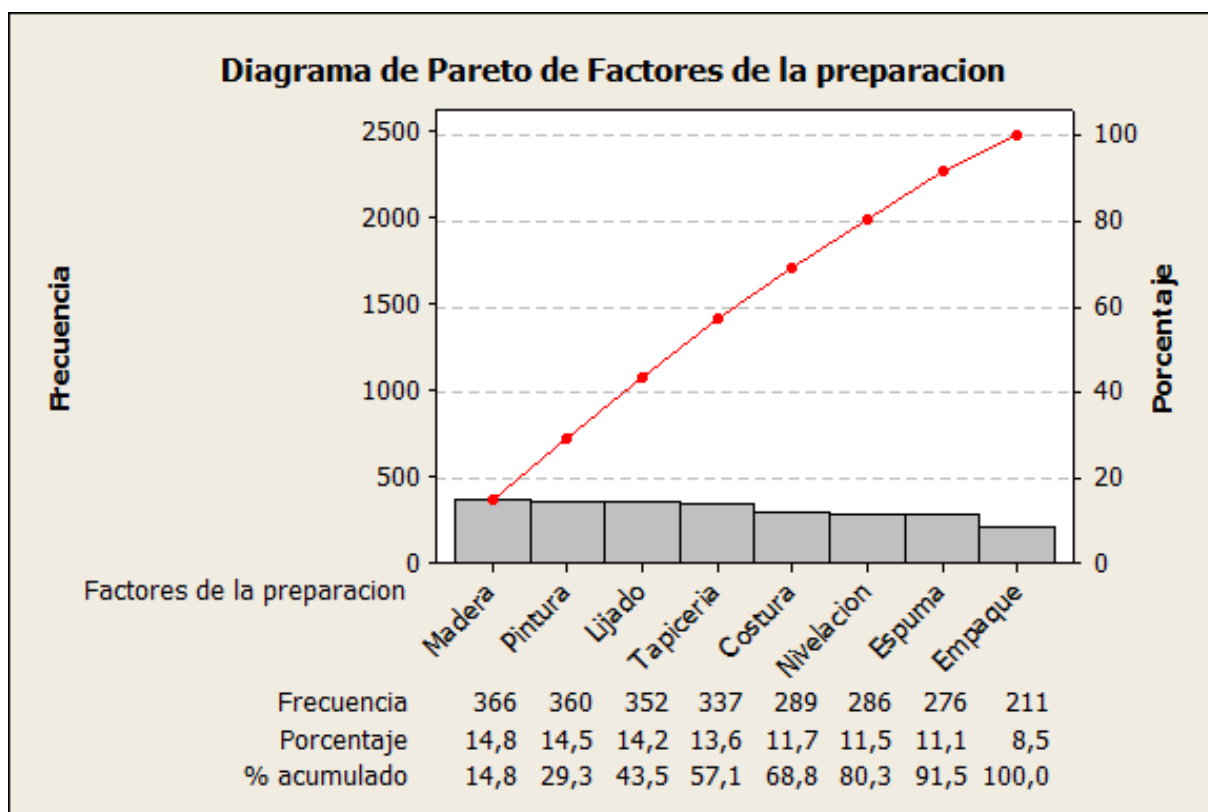


Figura 3.15 Diagrama de Pareto par a AMEF⁵²

⁵² Fuente: Elaborado por autores en Minitab V 16.

3.5.1.3. FORMATO 1: IDENTIFICACIÓN – ELABORACION DE SILLA

Paso	Modo de Falla	Efecto	Causa Potencial	Controles
Madera	Madera rajada	Poca garantia	Malas condiciones de almacenamiento	Verificacion de las condiciones de almacenamiento
		Mala presentacion		
		Mal acabado	Manejo inadecuado	Tecnicas de procesamiento
	Madera humeda	Poca garantia	Insuficiencia en la temperatura	Confirmacion de los grados del horno
		Mala presentacion		
		Mal acabado	Numero de dias insuficiente en el horno	Estandarizacion de los dias de secado
		Tipo de madera		
Pintura	Poca pintura	Mala presentacion	Iluminacion deficiente	Inspeccion visual final
		Mal acabado		Verificacion de las condiciones de trabajo
		Poca garantia		Visualizacion de los pasos para reailizar la actividad
	Mucha pintura	Mala presentacion	Iluminacion deficiente	Inspeccion visual final
		Mal acabado		Verificacion de las condiciones de trabajo
		Poca garantia		Visualizacion de los pasos para reailizar la actividad
Lijado	Deficiencia en lijado	Poca garantia	Aplicación incorrecta de la tecnica	Visualizacion de los pasos para reailizar la actividad
		Mala presentacion		
		Poca apreciacion en el diseño		Inspeccion visual final
		Mal acabado		Verificacion de las condiciones de trabajo
		Disconfort		
	Referencia incorrecta de lija	Mala presentacion	Mala organización de los elementos	Supervicion de la actividad
		Mal acabado	Descuido en utilizacion del elemento	Especificacion de uso de las diferentes lijas
	Lija desgastada	Poca garantia	Dotacion insuficiente de los elementos	Cambio de dotacion periodica
		Mala presentacion		
		Poca apreciacion en el diseño	Ahorro de los elementos	Verificacion de las condiciones de trabajo
		Mal acabado	Mala utilizacion de la tecnica	Visualizacion de los pasos para reailizar la actividad

		Disconfort		
Tapiceria	Insuficiencia de tela	Poca garantia	Medicion incorrecta	Utilizacion de moldes
		Mala presentacion		
		Mal acabado	Mal corte del diseño	Verificacion del estado de las herramientas
		Disconfort		
	Bolsas en el tapizado	Poca garantia	Medicion incorrecta	Utilizacion de moldes
		Mala presentacion	Mal acomodo de la tela al cojin	
		Mal acabado	Forro grande	Verificacion del estado de las herramientas
		Disconfort	Mal pegado de la tela	Inspeccion previa del material
		Poca apreciacion en el diseño	Defectos de la tela	
Costura	Falta de costura	Poca garantia	Falla en la maquina	Inspeccion previa del material
		Mala presentacion		
		Poca apreciacion en el diseño	Insuficiencia de hilo	Verificacion del estado de la maquina
		Mal acabado	Iluminacion deficiente	Inspeccion de la costura
	Costura incorrecta	Mala presentacion	Falta de concentracion	Modelo de la costura
		Poca apreciacion en el diseño	Falla en la maquina	
		Mal acabado	Iluminacion deficiente	Verificacion visual
	Defectos en la costura	Mala presentacion	Falla en la maquina	Verificacion del estado de la maquina
		Poca apreciacion en el diseño	Iluminacion deficiente	Inspeccion de la costura
		Mal acabado	Mala utilizacion de la tecnica	Inspeccion previa del material
Nivelacion	Mucha nivelacion	Mala presentacion	Falla en la herramienta	Verificacion en una superficie uniforme
		Mal acabado		
		Retraso en el tiempo de despacho	Mala utilizacion de la tecnica	Verificacion de las condiciones de la herramienta

	Disconfort	Mala tecnica de medicion	
Poca nivelacion	Mala presentacion	Falla en la herramienta	Verificacion en una superficie uniforme
	Mal acabado		
	Retraso en el tiempo de despacho	Mala utilizacion de la tecnica	Verificacion de las condiciones de la herramienta
	Disconfort	Mala tecnica de medición	

Tabla 3.22. Identificación de Variables⁵³

⁵³ Fuente: Elaborado por autores

Después de haber realizado el formato de identificación se debe evaluar la severidad del efecto, frecuencia de la causa potencial y la detección de los controles de acuerdo a la siguiente puntuación dada

Punt.	Severidad del Efecto	Frecuencia de Fallo	Detección
10	Peligroso sin advertencia	Muy alta: Casi inevitable	No se puede
9	Peligroso con advertencia		Posibilidad muy remota
8	Perdida de función primaria	Alta: Repetidos	Posibilidad remota
7	Rendimiento reducid de función primaria		Posibilidad muy baja
6	Rendimiento de función secundaria	Moderado: Ocasional	Posibilidad baja
5	Rendimiento reducido de función secundaria		Posibilidad moderada
4	Defecto pequeño notado por la mayor parte de los clientes	Bajo: pocos relativamente	Posibilidad moderadamente alta
3	Defecto pequeño notado por algunos clientes		Posibilidad alta
2	Defecto pequeño notado por clientes muy meticulosos		Posibilidad muy alta
1	Sin efecto	Remota: improbable	Casi segura

Tabla 3.23. Niveles de frecuencia y seriedad del efecto⁵⁴

- Numero de Prioridad del Riegos (NPR)

Es el resultado de multiplicar la puntuación dada a la severidad del efecto – causa- control del efecto de falla, por las probabilidades de ocurrencia, para cada causa de falla y por las probabilidades de que los mecanismos de control detecten cada causa de falla. Es decir, para cada efecto se tienen varias causas y para cada causa un grupo de controles

⁵⁴ Fuente. Gutiérrez Pulido Humberto, De la Vara Salazar Román. Control Estadístico De Calidad Y Seis Sigma. Segunda edición. Mc Graw – Hill, 2009. 406 P. ISBN 978-10-4724-9.

$$\text{NPR} = \text{S} * \text{O} * \text{P}$$

A los más altos números de NPR se les deberá dar prioridad para acciones correctivas, ya sea para prevenir la causa o por lo menos para emplear mejores controles de detección. Asimismo, debe darse especial atención cuando se tengan altos números (mayores de 150 en este caso) con severidades altas.

3.5.1.4. FORMATO 2: EVALUACIÓN – ELABORACION DE SILLA

Paso Proceso	Proceso: Modo de Falla	Efecto	Severidad	Causa Potencial	Frecuencia	Controles	Detección	NRP
Madera	Madera rajada	Poca garantia	8	Malas condiciones de almacenamiento	5	Verificacion de las condiciones de almacenamiento	5	200
		Mala presentacion	7					175
		Mal acabado	7	Manejo inadecuado	3	Técnicas de procesamiento	6	126
	Madera humeda	Poca garantia	4	Insuficiencia en la temperatura	6	Confirmación de los grados del horno	5	120
		Mala presentacion	7					210
		Mal acabado	6	Numero de dias insuficiente en el	5	Estandarización de los dias de secado	5	150
		Tipo de madera	6	horno				150
Pintura	Poca pintura	Mala presentacion	7	Iluminacion deficiente	6	Inspeccion visual final	2	84
		Mal acabado	6			Verificacion de las condiciones de trabajo	3	108
		Poca garantia	4			Visualizacion de los pasos para realizar la actividad	3	72
	Mucha pintura	Mala presentacion	7	Iluminacion deficiente	6	Inspeccion visual final	2	84
		Mal acabado	6			Verificacion de las condiciones de trabajo	3	108
		Poca garantia	4			Visualizacion de los pasos para realizar la actividad	3	72
Lijado	Deficiencia en lijado	Poca garantia	4	Aplicación incorrecta de la técnica	5	Visualizacion de los pasos para realizar la actividad	3	60
		Mala presentacion	7					105
		Poca apreciacion en el diseño	5			Inspeccion visual final	2	50
		Mal acabado	6			Verificacion de las condiciones de trabajo	3	90
		Disconfort	8					120
	Referencia incorrecta de lija	Mala presentacion	7	Mala organización de los elementos	4	Supervicion de la actividad	6	168
		Mal acabado	6	Descuido en utilizacion del elemento	4	Especificacion de uso de las diferentes lijas	8	192
	Lija desgastada	Poca garantia	4	Dotacion insuficiente de los elementos	6	Cambio de dotación periódica	7	168
		Mala presentacion	7					294
		Poca apreciacion en el	5	Ahorro de los elementos	8	Verificacion de las condiciones de trabajo	3	120

Tapiceria	Insuficiencia de tela	diseño					
		Mal acabado	6	Mala utilizacion de la técnica	5	Visualizacion de los pasos para realizar la actividad	3 90
		Disconfort	8				120
		Poca garantia	4	Medicion incorrecta	2	Utilizacion de moldes	4 32
	Bolsas en el tapizado	Mala presentacion	7				56
		Mal acabado	6	Mal corte del diseño	2	Verificacion del estado de las herramientas	6 72
		Disconfort	8				96
		Poca garantia	4	Medicion incorrecta	2	Utilizacion de moldes	5 40
		Mala presentacion	7	Mal acomodo de la tela al cojin	2		70
		Mal acabado	6	Forro grande	2	Verificacion del estado de las herramientas	6 72
		Disconfort	8	Mal pegado de la tela	2	Inspeccion previa del material	5 80
		Poca apreciacion en el diseño	5	Defectos de la tela	2		50
	Falta de costura	Poca garantia	4	Falla en la maquina	2	Inspeccion previa del material	5 40
		Mala presentacion	7				70
		Poca apreciacion en el diseño	5	Insuficiencia de hilo	2	Verificacion del estado de la maquina	5 50
		Mal acabado	6	Iluminacion deficiente	3	Inspeccion de la costura	4 72
	Costura incorrecta	Mala presentacion	7	Falta de concentraci3n	2	Modelo de la costura	5 70
		Poca apreciacion en el diseño	5	Falla en la maquina	2		50
		Mal acabado	6	Iluminacion deficiente	3	Verificacion visual	4 72
	Defectos en la costura	Mala presentacion	7	Falla en la maquina	2	Verificacion del estado de la maquina	5 70
		Poca apreciacion en el diseño	5	Iluminacion deficiente	3	Inspeccion de la costura	4 60
		Mal acabado	6	Mala utilizacion de la técnica	4	Inspeccion previa del material	5 120
Nivelacion	Mucha nivelacion	Mala presentacion	7	Falla en la herramienta	4	Verificacion en una superficie uniforme	3 84
		Mal acabado	6				72
		Retraso en el tiempo de despacho	3	Mala utilizacion de la técnica	4	Verificacion de las condiciones de la herramienta	6 72

Poca nivelación	Disconfort	8	Mala tecnica de medición	4		192
	Mala presentación	7	Falla en la herramienta	4	Verificacion en una superficie uniforme	5 140
	Mal acabado	6				120
	Retraso en el tiempo de despacho	3	Mala utilizacion de la técnica	4	Verificacion de las condiciones de la herramienta	6 72
	Disconfort	8	Mala tecnica de medición	4		192

Tabla 3.24. Evaluación de Variables⁵⁵

⁵⁵ Fuente: Elaborado por autores

3.6. FASE 5 – CONTROLAR

3.6.1. GENERAR UN PLAN DE CONTROL Y SEGUIMIENTO DE MEJORAS

Paso Proceso	Modo de Falla	Efecto	Severida d	Causa Potencial	Frecuenci a	Controles	Detecció n	NP R	Acciones recomendadas
Madera	Madera rajada	Poca garantía	8	Malas condiciones de almacenamiento	5	Verificacion de las condiciones de almacenamiento	5	200	Mantener unas buenas condiciones almacenamiento donde se deban verificar y controlar periódicamente
		Mala presentación	7					175	
		Mal acabado	7		3		6	126	
	Madera humeda	Poca garantía	4	Insuficiencia en la temperatura	6	Confirmacion de los grados del horno	5	120	Estandarizar los grados de temperatura que se requieran
		Mala presentación	7					210	
		Mal acabado	6	Numero de días insuficiente en el horno	5	Estandarizacion de los dias de secado	5	150	
		Tipo de madera	6					150	
Lijado	Deficiencia en lijado	Poca garantía	4	Aplicación incorrecta de la tecnica	5	Visualizacion de los pasos para reallizar la actividad	3	60	
		Mala presentación	7					105	
		Poca apreciacion en el diseño	5			Inspeccion visual final	2	50	
		Mal acabado	6			Verificacion de las condiciones de trabajo	3	90	
		Disconfort	8					120	
	Referencia incorrecta de lija	Mala presentación	7	Mala organización de los elementos	4	Supervicion de la actividad	6	168	Diseñar repisas donde se tenga mayor disponibilidad de los diferentes elementos y orden al momento de utilizarlos con el fin de conocer la correcta
		Mal acabado	6	Descuido en utilizacion del elemento	4	Especificacion de uso de las diferentes lijas	8	192	

									ubicación de estos	
	Lija desgastada	Poca garantía	4	Dotacion insuficiente de los elementos	6	Cambio de dotacion periodica	7	168	Establecer una cantidad estándar de elementos que deban ser utilizadas por operario para un numero de sillas especificas	
		Mala presentación	7					294		
		Poca apreciacion en el diseño	5	Ahorro de los elementos	8	Verificacion de las condiciones de trabajo	3	120		
		Mal acabado	6	Mala utilizacion de la tecnica	5	Visualizacion de los pasos para reailizar la actividad	3	90		
		Disconfort	8					120		
Nivelacion	Mucha nivelacion	Mala presentación	7	Falla en la herramienta	4	Verificacion en una superficie uniforme	3	84	Implementar una técnica más eficiente de nivelación y realizarla antes del despacho	
		Mal acabado	6					72		
		Retraso en el tiempo de despacho	3	Mala utilizacion de la tecnica	4	Verificacion de las condiciones de la herramienta	6	72		
		Disconfort	8	Mala tecnica de medicion	4			192		
	Poca nivelacion	Mala presentación	7	Falla en la herramienta	4	Verificacion en una superficie uniforme	5	140		Implementar una técnica más eficiente de nivelación y realizarla antes del despacho
		Mal acabado	6					120		
		Retraso en el tiempo de despacho	3	Mala utilizacion de la tecnica	4	Verificacion de las condiciones de la herramienta	6	72		
		Disconfort	8	Mala tecnica de medicion	4			192		

Tabla 3.25. Plan de Control y Seguimiento de Mejoras⁵⁶

⁵⁶ Fuente: Elaborado por autores

CONCLUSIONES

Es de vital importancia resaltar la incursión de la metodología Six Sigma dentro de los estándares de calidad y procesos productivos en la empresa no solo como una medida de emergencia sino como un proceso de mejora continua capaz de disminuir los errores encontrados en el producto terminado y en las partes del proceso, disminuyendo y manteniendo los costes de no calidad, aumentando la productividad y eficacia de la empresa y potencializando su capacidad ayudado a consolidarse en el mercado.

Para Arte & Estilo julio, se realizó un proceso metodológico en el que se cuenta como base las fases del DMAIC, una serie de pasos que tiene como fundamento analizar el comportamiento de la calidad de la empresa, este funciona con datos tomados de forma aleatoria y datos históricos que guiaron el rumbo del proceso y ayudó para la escogencia de las herramientas necesarias como: Diagramas, Matrices, Figuras, etc. que facilitaron el análisis estadístico permitiendo comprender, tomar pautas y medidas.

Según lo estudiado y los resultados obtenidos, el proceso productivo se puede clasificar como:

Proceso tipo C (estable pero incapaz)

El proceso fue catalogado como estable pero con baja capacidad de cumplir especificaciones. Es decir, se está ante un proceso establemente regular que genera piezas fuera de especificaciones o piezas que no cumplen con ciertos atributos de calidad.

RECOMENDACIONES

El personal humano en cualquier proceso emprendido es de vital importancia, para implementación de la metodología seis sigmas es necesaria la disponibilidad de cada uno de los recursos con el fin de ser precisos en las determinaciones de las problemáticas, Para Arte & Estilo julio la línea de estudio fue basada en el producto estrella; silla de referencia HOUSTON la comunicación es fundamental para poder focalizar los errores y disminuir al máximo las limitaciones. De forma general, luego de la realización del proyecto se puede recomendar a la empresa la implementación de un plan de uniformidad de criterios de rechazo, en el que se plasme el procedimiento de inspección de la sillas en forma, clara, accesible, y detallada logrando así la estandarización de los criterios de calidad de cero defectos, esto con el objeto de reducir el número de defectos que se presentan en la primera inspección; teniendo en cuenta que la empresa realiza el pago de los salarios por producción descontando de este los materiales utilizados por cada trabajador en forma individual, por ello al implementar la mejora no solo se reducen los costos de reproceso sino también se incrementaran los ingresos de los empleados, lo que se verá reflejado en la calidad de los muebles que reciben los clientes disminuyendo así el porcentaje de devoluciones por defectos.

Se sugiere mantener mayor inspección en el área de preparación en donde se instale un puesto inspección permanente que sea igual de rigurosa que la última inspección puesto que la preparación de superficie es clave y una de las sillas.

Estandarizar las medidas de material empleado en algunas áreas de trabajo como por ejemplo el área de pintura, si se estandariza la cantidad de pintura empleada en cada silla se reduce el número de defecto diferencia de color/tono.

De forma específica, después de la identificación, implementación y el análisis de los resultados arrojados, además de la constante interacción con los operarios y demás se hace un listado de recomendación a la administración con el fin de mejorar la productividad:

- Capacitaciones continuas a todo el personal sobre la importancia de la calidad, el fundamento y la apropiación de dicho término, para crear la conciencia y sentido de pertenencia a la labor efectuada.
- Estandarización del proceso de secado de la madera (temperatura de los hornos y número de días de la operación, teniendo en cuenta el tipo de madera con que se esté trabajando).
- Utilización de un Formato de Inspección de Producto DPU (Defectos por Unidad) Propuesto, la cual haga más fácil y notorio el seguimiento a los errores encontrados, con el fin de disminuir su frecuencia y aumentar su nivel sigma. (Anexo 4.)
- Estandarizar los procedimientos que se deben hacer por áreas.
- Realizar inspecciones rigurosas en los puntos clave del proceso.
- Estandarizar el criterio de los inspectores de calidad de la empresa JAMAR.
- Hacer estudios que indiquen en las cabinas de pintura la cantidad de flujo luminoso necesitado e implementarlo para evitar los continuos defectos por falta de color y demás.
- Crear un departamento de calidad que se encargue de la vigilancia y control basado en la metodología seis sigma, a través del uso de un Formato de acta de visita con el propósito de hacer un seguimiento periódico y objetivo. (Anexo 5.)
- En toda la fabrica instalar extractores de olores, calor y de material particulado con el fin de evitar una enfermedad profesional, o un accidente laboral.

A partir de la identificación del tipo de proceso (C) se pueden implementar las siguientes estrategias estadísticas:

- Revisar y mejorar la aplicación de las cartas de control (c y u)
- Implementar un sistema de monitoreo de cambios de manera oportuna
- Soportar un estudio de seguimiento mediante un ciclo de mejora continua 6 sigma

Según el reporte del AMEF se pueden recurrir a las siguientes recomendaciones

- Mantener unas buenas condiciones almacenamiento donde se deban verificar y controlar periódicamente
- Diseñar repisas donde se tenga mayor disponibilidad de los diferentes elementos y orden al momento de utilizarlos con el fin de conocer la correcta ubicación de estos
- Establecer una cantidad estándar de elementos que deban ser utilizadas por operario para un número de sillas específicas
- Implementar una técnica más eficiente de verificación de la nivelación de las sillas y realizarla antes del despacho

BIBLIOGRAFÍA

- [1] SILVA, Celso; “Propuesta de una metodología de mejoramiento continuo, bajo el enfoque seis sigma para una unidad productora de concreto”, Protocolo de Tesis de Maestría en Ingeniería de Calidad, pág. 13, México DF, Junio del 2003

- [2] FELIZZOLA, Heriberto; “Introducción a seis sigma” Conceptos, Curso de Ingeniería de la Calidad, Universidad de la Costa CUC, Barranquilla - Colombia 2012

- [3] FPNC FUNDECE IPACE, Excelencia Competitiva, “Introducción a Six Sigma”, www.sixsigma.icafe.org.ar, bajo licencia de ASQ.(American Society of Quality)

- [4] SIX SIGMA.us, Six Sigma en Español, “Capacitación y Certificación en Six Sigma” Artículos sobre la aplicación de la metodología 6sigma, www.sixsigmaespañol.com

- [5] ACOSIXSIGMA, Sociedad Colombiana de Six Sigma. ¿Qué es Six Sigma?, Mejorando procesos para mejorar resultados. www.acosixsigma.com

- [6] GEORGE, Michael. Word Class Manufacturing. Cuando el control de calidad se vuelve una preocupación innecesaria. www.world-class-manufacturing.com

- [7] QUESADA, Gilberto. Presidente Grupo Kaisen S.A. Portal para investigadores y profesionales “El prisma”. Conceptos básicos. www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/conceptodeseissigma/

- [8] RODRIGUEZ, Fernando. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogota. Plan de mejora en la empresa Sysman Ltda. Utilizando la metodología seis sigma – trabajo de investigación. Pág. 14, Bogota – Colombia 2012
- [9] LAHITTE, Maria Soledad “Método seis sigma” Conceptos, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar de plata, Artículo informativo, pág. 2.
http://www3.fi.mdp.edu.ar/electronica/articulos/MetodoSeisSigma_Lahitte.pdf
- [10] JESÚS López Sánchez Alberto Pérez de Vargas, Javier Zamora Romero, Antonio Murciano Cespedosa, Julio Alonso Fernández, Mario Reviriego Eiros, Rafael Lahoz Beltrá. Universidad Católica de Manizales. Dpto. de Matemáticas Aplicada, Aula virtual de bioestadística Facultad de Biología.
Disponible en http://e-stadistica.bio.ucm.es/mod_regresion/regresion_2.html
- [11] KAYZEN, Grupo. Que es el DFC, GestioPolis.com
Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/canales5/ger/gksa/11.htm>
- [12] HENRY Mendoza Rivera, José Alberto Vargas Navas Luis Alberto López Pérez, Gloria Bautista M. Métodos de regresión. Dirección nacional de innovación académica. Universidad Nacional sede Bogota.
Disponible:http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2007315/html/un5/cont_01_41.html
- [13] GUTIÉRREZ Pulido Humberto, De la Vara Salazar Román. Control Estadístico De Calidad Y Seis Sigma. Segunda edición. Mc Graw – Hill, 2009.. ISBN 978-10-4724-9.
- [14] LÓPEZ, Gustavo. Investigador del Instituto de Ingeniería UABC, “Metodología Six Sigma: Calidad Industrial”. México D.C., Pág. 6

[15] SABÁN, Jorge. Organización Industrial II. Documentos para procesos de fabricación. Disponible en: <http://orgindustrial2.blogspot.com/2013/03/documentos-para-procesos-de-fabricacion.html>

[16] CARIÑO G, Rubén. Tendencias Tecnológicas, 6 sigma y la capacidad del proceso en proyectos. Boletín IIE.

[17] VARGAS, Jairo. Six Sigma, Una estrategia empresarial que está revolucionando al mundo. Fundación Universitaria Konrad Lorenz.

[18] GÓMEZ, Fermín. Fraile,Vilar Barrio, José, Miguel Tejero Monzón, Seis Sigma, FC Editorial, 2003

ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de Proceso Analítico

El diagrama de proceso muestra cada una de las pautas que cumple la cadena productiva de la organización Arte & Estilo julio el cual describe el proceso al que se ve intervenido el roble hasta la salida del producto terminado, las sillas (VER ANEXO 1)

Anexo 2. Calculo de la métrica operacional y financiera

(VER ANEXO 2)

- Definir la métrica operacional y explicar su sistema de medición:

Para definir métrica operacional en este presente proyecto se mira por producto terminado en el cual se mira cada uno de los defectos existentes por silla mediante muestras de la inspección 100% en la parte de calidad realizada por el especialista asignado por JAMAR se toman datos y se da el porcentaje de rechazo por parte de los inspectores que seria para cada silla 0 defectos para considerarla como silla terminada y pasarla al siguiente paso del proceso productivo.

- Definir la métrica financiera y su sistema de medición

Para identificar para el proyecto un desarrollo se es necesario identificar los costos en los cuales se incurre por las devoluciones de las sillas y plasmar en términos económicos los beneficios para la compañía

Costo de una pieza reprocesada

= costo de mano de obra + costo indirectos de fabricación
+ costo de materia prima

Costo de una pieza reprocesada = 91592 + 7190 + 68769 = 161080

Mediante el sistema de medición se pueden estudiar los parámetros de los factores y las variables que están presentando desperfectos para los productos terminados de acuerdo al sistema de calidad para las sillas de referencia HOUSTON es así como dependiendo de los niveles y las cantidades que nos dé el sistema de medición se podrá establecer mejoras o controlar la capacidad o las diferentes variables.

Anexo 3. Formato de Inspección de Proceso y Producto

Para la realización del siguiente sistema de medición se toma el formato de inspección de procesos y productos en el cual se encontraran, los nombres del producto, cantidad inspeccionada, las cantidades devueltas y el número de causal en donde se pone el tipo de inconformidad que se encuentra los tipos de no conformidad (VER ANEXO 3)

Anexo 4. Formato de Inspección de Producto DPU (Defectos por Unidad) Propuesto

Este formato permite detectar el numero de defectos por unidad producida, correspondiente al tipo de no conformidad identificado por un numero especifico y único, el cual haga más fácil y notorio el seguimiento a los errores encontrados, con el fin de disminuir su frecuencia y aumentar el nivel sigma del proceso, contribuyendo a cambiar el tipo de proceso actual (de tipo C a tipo A). (VER ANEXO 4)

Proceso tipo A (estable y capaz):

El objetivo es catalogar al proceso productivo como estable y capaz, por lo que se estaría ante un proceso sin problemas serios de calidad. Por lo tanto las

actividades y estrategias estarían orientadas en mantener en tal estado el proceso y explotar alternativas para mejorar su productividad y/u operatividad.

Anexo 5. Formato de Revisión Periódica

Al momento de crear un departamento de calidad que se encargue de la vigilancia y control basado en la metodología 6 sigma, se puede proponer el siguiente formato con el propósito de hacer un seguimiento periódico y objetivo. (VER ANEXO 5)

Anexo 6. Evidencias Fotográficas

Evidencias del proceso de estudio a la empresa Artes y Estilo Jlo. De Barranquilla, 6 meses de trabajo, evidencia por área, proceso y departamento. (VER CARPETA ANEXO 6)